

VIX 指数的立体解析

——波动率指数系列报告（一）

2016 年 2 月 19 日

摘要

- ② 中国首只场内期权——50ETF 期权已上市一年有余，根据海外市场经验，随着期权类衍生品交易活跃度提高，投资者对波动率的交易需求会快速升温。在本篇报告中，我们介绍对现代金融业产生了深远影响的“VIX 指数”，梳理了 VIX 的发展历程，证明了其算法，厘清了主要产品系列，并且解析了 VIX 的六项主要投资作用。
- ② **VIX 是全球影响力最大、代表性最强的波动率指数：**VIX 是反映市场对标普 500 未来 30 天预期波动率的指数，其金融学意义是投资者对未来市场出现大幅波动概率的预期，它是最直接反映市场情绪的指标，也被称作“恐慌指数”。目前 VIX 是全球影响力最大、代表性最强而且产品族最丰富的波动率指数。事实上，尽管 VIX 的标的是标普 500，但是 VIX 的影响力早已突破这个范畴，成为反映全球股票市场风险的指数。
- ② **VIX 的算法影响力广泛，几乎成为全球波动率指数的“行业标准”：**2003 年，CBOE 更新了 VIX 的算法，采用无模型（model free）的方式计算隐含波动率，能够相对减少具体定价模型对结果产生的影响。新算法一经推出，就被市场广泛接受，不仅加速了相关产品被推出的频率，而且影响了包括“中国波指 IVIX”在内的全球主要波动率指数的算法（几乎都参考了 VIX）。VIX 的算法几乎成为了波动率指数的“行业标准”。
- ② **VIX 拥有立体化的产品条线，包括期货、期权以及各类功能丰富的 ETPs：**VIX 的产品种类丰富，其中，VIX 期货、期权在 2004 与 2006 年分别被推出以后，其成交量增长迅速，截至 2015 年底，日均成交量稳定在 20 万、55 万张附近。同时，VIX 还拥有各种功能各异的 ETPs（ETF、ETN），主要包括四类产品。第一类，跟踪 VIX 多头收益（一倍杠杆）；第二类，跟踪 VIX 多头的杠杆收益；第三类，跟踪做空 VIX 的收益；第四类，跟踪利用 VIX 对冲现货风险的策略收益。
- ② **VIX 具有不可替代的六项投资作用：**首先，投资者可以利用 VIX 产品，以更低的资金占用、更小的副作用交易波动率；其次，VIX 类产品是对冲波动率的理想选择；第三，卖空 VIX 型产品可以作为持有型资产被配置，能够增强组合收益；第四，VIX 在极端环境中涨幅巨大，可以对冲极端下跌环境中资产价格下跌、相关性升高的风险；第五，VIX 具有择时能力；最后，VIX 还可以对冲信用风险以及交易成本大幅上升的风险。



中信证券

经发管委衍生品经纪业务部

霍仕胤

电话：010-60833772

邮件：huosy@citics.com

李雪飞

电话：010-60833779

邮件：xfli@citics.com

赵林

电话：010-60833581

邮件：zhaolin@citics.com

相关研究

1. 50ETF 历史波动率与期权隐含波动率的特征分析 2015.11.9
2. 期现基差对期权定价的影响分析 2015.11.2
3. 期权波动率交易的基本原理与方法 2015.10.14
4. 动态调整的期权箱式套利组合 2015.8.9
5. 市场参数的变动对欧式期权杠杆率和保证金的影响 2015.1.5
6. 活用备兑开仓，增强持股收益 2014.10.16
7. 期权卖出策略——长期投资必备良器 2014.7.30
8. 深探隐含波动率：VIX 算法创产品，B-S 模型助交易 2014.7.30
9. A 股市场波动不再聚集，GARCH 模型效用堪忧 2014.7.28
10. 衍生品交易中的保证金制度变迁及影响 2014.7.11

特别提示：本报告仅作为一对一证券投资顾问服务的研究支持产品，请勿用于媒体、网络等公开渠道。

目录

投资聚焦：波动率指数是现代金融体系的核心要素	1
VIX 指数简介	2
VIX 指数	2
VIX 的发展历程	2
VIX 的历史发展	2
VXO 的计算方法	4
VIX 的计算方法	5
VIX 相关产品	8
VIX 期货	8
VIX 期权	10
VIX 跟踪型 ETPs	12
VIX 的投资作用	16
波动率交易工具	16
对冲波动率风险	17
增强组合收益	19
对冲极端下跌风险	20
择时因子	23
对冲其他风险	24
结论：划时代的金融创新	25
附录 1：VIX 公式的证明	26
VIX 与方差互换	26
分解收益函数	27
推导期望方差	28
简化期望方差公式	29

插图目录

图 1: VIX 在重大事件中的变化 (2005.1.6-2016.1.29)	1
图 2: SPX、VIX 日收盘价走势 (2005.1.7-2015.12.18)	2
图 3: VIX、VXN、RVX 日收盘价对比 (2007.1.5-2016.1.8)	4
图 4: VXST、VIX、VXV 日收盘价对比 (2009.1.2-2016.1.8)	4
图 5: VXO、VIX 每日收盘价走势 (2004.1.2-2016.1.29)	8
图 6: 波动率场内、场外产品的出现时间	8
图 7: VIX 期货年日均成交量、标普 500 收盘价对比 (2004.3.31-2015.12.31)	10
图 8: VIX 指数、VIX 期货当月连续合约日收盘价对比 (2015.7.1-2016.1.19)	10
图 9: VIX 期权当年日均成交量 (单位: 张, 2006.2.24-2015.12.31)	11
图 10: VVIX、VIX、标普 500 周收盘价对比 (2007.1.5-2016.1.15)	12
图 11: VIX 指数、VXX、TVIX、XIV 前复权价格_短期走势对比 (2015.6.1-2016.1.21)	15
图 12: VIX 指数、VXX、TVIX、XIV 前复权价格_长期走势对比 (2010.12.31-2016.1.19)	15
图 13: SPX 指数、PHDG、VQT 前复权收盘价对比 (2013.1.25-2016.1.21)	15
图 14: 相等 Vega 值“VIX 期货、SPX 期权”收盘中间价对比 (2015.12.11-2015.12.29)	17
图 15: 行权价 2000, 2016.3.18 到期, SPX 看涨期权 Vega 同隐含波动率关系 (2016.1.25)	17
图 16: Vega=1000 美元/波动率点, 各交易工具实际占用资金 (单位: 美元, 2016.1.25)	17
图 17: VIX、模拟 SPX 平值 30 天看涨期权_收盘价对比 (2014.6.2-2016.1.25)	18
图 18: 持有模拟 SPX 平值 30 天看涨期权 1 天极端收益率、VIX 对比 (2014.6.2-2016.1.25)	18
图 19: 沪深 300 指数传统欧式、欧式二元期权 Vega 对比	19
图 20: SPX 期货当月合约、XIV 收盘净值对比 (2010.12.31-2015.12.31)	20
图 21: 相同波动率区间内, SPX、XIV 平均年化周收益率对比 (2010.12.31-2016.1.21)	20
图 22: 标普 500、沪深 300 日收益率排序后对比 (2006.1.5-2016.1.28)	20
图 23: SPX 日涨跌幅排序后, 同 VIX 对应涨跌幅对比 (2006.1.4-2016.1.28)	21
图 24: “买入 C16”、“卖出 1 份 C16, 买入 2 份 C18”净值对比 (2015.12.29-2016.1.15)	22
图 25: SPX、VXTH 收盘净值对比 (2006.3.31-2016.1.26)	22
图 26: 美国基金经理超额收益率中位数与股票收益率离差的关系 (1990-2003)	22
图 27: VIX、SPX Implied Correlation Index 收盘价对比 (2014.11.24-2015.11.20)	22
图 28: VIX 高点、SPX 反转点对应关系 (2014.1.2-2014.12.31)	23
图 29: 北美投资级实体 CDS 平均指数、VIX 对比 (2010.2.5-2016.1.29)	24

表格目录

表 1: 全球主要波动率指数	2
表 2: VIX 的发展历程	3
表 3: VXO 计算隐含波动率所采用的输入数据	4
表 4: 计算 VXO 时涉及的 8 支期权隐含波动率示意	5
表 5: VIX 计算涉及的输入参数	6

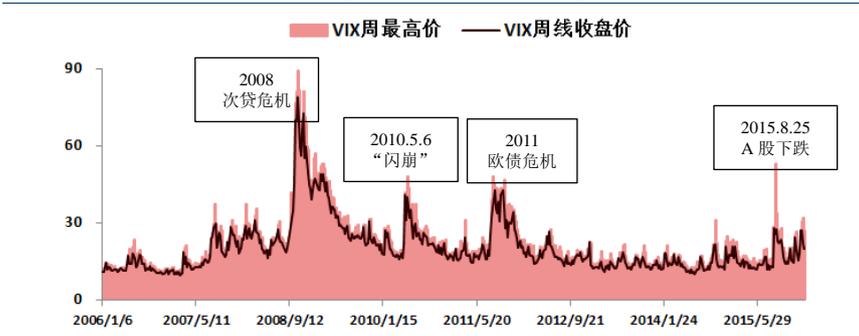
表 6: 2016.1.17_10:35 (美国中部时间), SPX 期权价格信息	6
表 7: CBOE 挂牌的主要波动率期货	9
表 8: VIX 期货合约要素	9
表 9: CBOE 挂牌的波动率期权	11
表 10: VIX 期权合约要素	11
表 11: ETF、ETN 主要特征对比	13
表 12: 跟踪 VIX 的主要 ETN 产品 (截至 2016.1.20)	13
表 13: 跟踪 VIX 的主要 ETF 产品 (截至 2016.1.20)	14
表 14: 标普 500、沪深 300、上证 50 日收益率频率统计 (2006.1.5-2016.1.28)	20
表 15: VIX 类产品对冲效果对比 (2015.12.29-2016.1.15)	21

投资聚焦：波动率指数是现代金融体系的核心要素

随着现代金融体系不断向纵深发展，各类具有期权性质的金融衍生品持续被推出，投资者愈发意识到波动率具有同资产价格本身地位同等的重要意义。“波动率”不仅能够衡量价格风险，反映市场情绪，还是指导衍生品定价的核心指标，具有举足轻重的地位。因此，单纯基于资产价格的各项指标、产品已经越来越不能满足市场的需求。

然而，资产的波动率各不相同，每种资产都有其自身特定的波动率。相比于这些“特定波动率”，投资者更关心的是，能够综合衡量所有资产波动率、直观反映全市场波动情况的单一指标。针对这个矛盾，以 CBOE 推出的 VIX 为代表的一系列波动率指数相继被推出，它们能够反映投资者对某一市场整体的波动率预期，具有较强的代表性。在实际运行中，这些波动率指数反应灵敏，变化方向与投资者的真实感受一致，并且能够在市场出现重大事件时，同步出现较大涨幅，区分度明显。因此，这些波动率指数已经成为衡量市场预期波动率、反映投资者情绪的基准指数。

图 1：VIX 在重大事件中的变化 (2005.1.6-2016.1.29)



资料来源：Wind 资讯，中信证券衍生品经纪业务部

市场对波动率的投机、对冲及套利需求是真实存在的，因此，波动率指数单纯作为一个市场指标而不能被交易的状态，越来越不能令投资者满意。为了满足波动率交易的需求，以波动率互换 (volatility swap)、方差互换 (variance swap) 为主的场外衍生品被推出，其市场规模增长迅速。CBOE 顺应了市场的变化规律，更新了 VIX，使它的算法同方差互换保持一致，提高其被市场接纳的程度。万事俱备以后，CBOE 推出以 VIX 为标的的各类金融产品，使波动率指数不仅是一项重要的市场指标，而且是可以被交易的金融资产，它为广大投资者提供了简单、便捷的波动率交易工具。

随着相关产品被推向市场，波动率指数许多独有的投资功能陆续被市场发现，市场对它们的交易需求日益增加，相关期权、期货成交量不断放大，以波动率为基础的产品类型不断被丰富，使得波动率指数成为了现代金融体系的重要构成部分。

本文以全球市场最重要的波动率指数“VIX”为代表，梳理了 VIX 的发展脉络，剖析了 VIX 的算法证明，同时介绍了 VIX 相关的主要金融产品，最后展现了当今市场中，VIX 最主要的六大投资作用。

VIX 指数简介

VIX 指数

全球所有波动率指数当中，“VIX”是最重要且影响力最大的一支，它是芝加哥期权交易所（Chicago Board Options Exchange，简称“CBOE”）于 1993 年向市场推出的指数。VIX 衡量市场对标普 500（以下简称“SPX”）未来 30 个日历日的预期年化波动率。由于 SPX 的成份股是在纳斯达克、纽约交易所挂牌的市值最大的 500 支股票，对于股票市场具有较强的代表能力，因此 VIX 指数能够反映市场整体的波动率情况。

表 1：全球主要波动率指数

指数代码	标的指数	交易所
VIX	标普 500 指数 (SPX)	芝加哥期权交易所 (CBOE)
VSTOXX	欧洲斯托克 50 指数(EURO STOXX 50)	欧洲期货交易所 (Eurex Exchange)
VDAX	德国 DAX	法兰克福证券交易所 (FWB)
VKOSPI	韩国 KOSPI 200 指数	韩国交易所 (KRX)
Nikkei 225 VI	日本 Nikkei 225 指数	东京证券交易所 (TSE)
India VIX	NIFTY 50 指数 (NSEI)	印度国家股票交易所 (NSE)
iVIX	上证 50 指数	上海证券交易所 (SSE)

资料来源：交易所网站，中国金融期货交易所，中信证券衍生品经纪业务部整理

需要注意的是，VIX 衡量的并不是历史波动率，也不是加权隐含波动率，而是对 SPX 的“预期波动率”（expected volatility）。当 VIX 较高时，意味着市场预期未来 30 天 SPX 出现大幅波动的概率较高，表明投资者的风险偏好程度较高，因此，VIX 也被称作“恐慌指数”。

图 2：SPX、VIX 日收盘价走势 (2005.1.7-2015.12.18)



资料来源：Wind 资讯

VIX 的发展历程

VIX 的历史发展

VIX 被推出以前，有些机构曾经做过创设波动率指数（例如美国证券交易所尝试的“Sigma Index”）的尝试，但是其最终结果并不成功，直到 CBOE 推出 VIX 以后，市场才有了第一支真正意义上的“波动率指数”。

1993 年 1 月，CBOE 根据 Robert Whaley 教授的研究成果，发布了 VIX 指数。当时 CBOE 推出 VIX 的主要目的有两个，一是为市场提供一个预期短期波动率的指数，能够量化衡量投资者的“市场情绪”，并且不同市场、不同时间点的“市场情绪”能够被相互横、纵向比较；其次，为潜在的基于波动率的期货、期权等产品，提供一个标的指数。

1993 年设立之初，VIX 基于的标的是标普 100 指数（OEX），仅用 8 支期权的隐含波动率计算结果，而且只有 VIX 一支波动率指数。在随后的发展中，CBOE 针对 VIX 进行了算法、产品两方面的创新。算法方面，CBOE 在 2003 年更新了 VIX 的计算方法，并且将标的从标普 100 指数改为代表性更强的标普 500 指数；产品方面，CBOE 在成功推出 VIX 的经验之上，陆续推出基于其他市场指数的波动率指数，并且推出基于 VIX 的衍生产品，2004 年推出 VIX 期货，2006 年推出 VIX 期权。在不懈的努力创新之下，以 VIX 为核心的场内、场外产品，已经成为全球投资者针对波动率做投机、对冲与套利时，交易最多的金融产品。

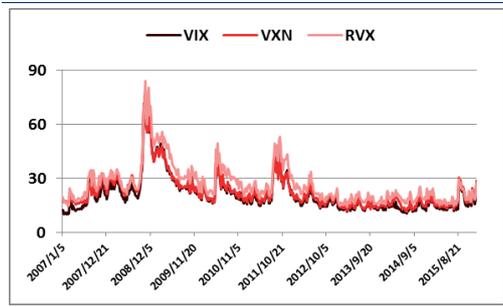
表 2：VIX 的发展历程

时间	算法创新	时间	产品创新
1993.1.19	基于标普 100 指数（OEX）。采用近月、次近月的平值认购、认沽期权，共 8 支期权的隐含波动率计算 VIX 指数。期权隐含波动率采用二叉树模型计算。	1993.1.19	CBOE 推出 VIX 指数
2003.9.22	更新 VIX 算法，采用基于方差互换的无模型隐含波动率算法，将标的变更为标普 500 指数（SPX），并且采用剩余期限在 23 到 37 天内的所有虚值期权合约计算 VIX。原有 VIX 更名为 VXO。	2001.1.23	CBOE 推出衡量纳斯达克 100 指数 30 天预期波动率的 VXN 指数
		2004.2.24	CBOE 推出首支场内 VIX 期货，合约乘数 1000 美元
		2005.3.18	CBOE 推出衡量道琼斯工业指数（DJIA）30 天预期波动率的 VXD 指数
		2006.2.24	CBOE 推出 VIX 期权，合约乘数 100 美元
		2006.5	CBOE 推出衡量 Russell 2000 未来 30 天预期波动率的 RVX 指数
		2007.11.12	CBOE 推出衡量 SPX 指数未来 3 个月预期波动率的 VXV 指数
2014.10.6	将 SPX 周度期权（SPX Weekly Options）纳入 VIX 计算范围。	2009.2.3	BarClays iPath 发行跟踪 VIX 当月、次月期货合约多头的 ETN 产品（代码：VXX）
		2013.10.1	CBOE 推出衡量 SPX 短期预期波动率（9 天预期波动率）的 VXST 指数
		2013.11.27	CBOE 推出衡量 SPX 中期预期波动率（6 个月预期波动率）的 VXMT 指数

资料来源：中信证券衍生品经纪业务部，CBOE

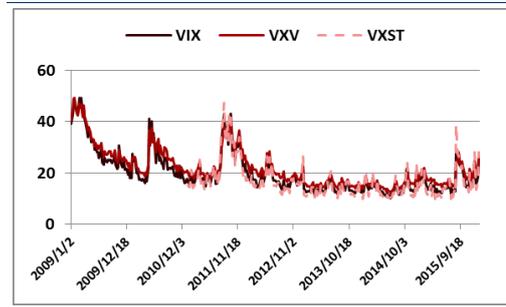
除了上面表 2 提及的波动率指数以外，CBOE 还推出基于其他指数、单支股票、商品、利率、信用、货币、甚至波动率本身等基准的波动率指数。截至 2016.2，CBOE 发布的波动率指数已多达 29 种。CBOE 推出的各种波动率指数，虽然针对的标的不同，但是均采用与 VIX 在 2003.9.22 更新后的相同算法，即采用基于方差互换的无模型隐含波动率计算方法，选取全部符合条件的，近期（near term）、次近期（next term）虚值合约。

图 3：VIX、VXN、RVX 日收盘价对比 (2007.1.5-2016.1.8)



资料来源：CBOE

图 4：VXST、VIX、VXV 日收盘价对比 (2009.1.2-2016.1.8)



资料来源：CBOE

VXO 的计算方法

CBOE 在 2003.9.22 更新了 VIX 算法，利用旧算法、以标普 100 为标的得到的“VIX 指数”更名为 VXO，并继续被 CBOE 发布。我们在本节中主要介绍 VXO 指数的计算方法（即 VIX 在 2003 年以前的算法）。

VXO 同样是利用期权价格，计算预期波动率的指数，而且，同 VIX 相比，它还需要计算每个期权的隐含波动率，因此，VXO 的计算主要涉及四方面问题：一、选取哪些期权合约；二、单个期权的隐含波动率如何计算；三、如何确定加权方式。

第一个问题，选取哪些期权合约。首先要确定选择哪些期限的期权合约，计算 VXO 的数据来源是标普 100 指数（OEX）期权，从中选取最近、次近月期权，而且须要保证它们的剩余期限在 8 个日历日以上，否则被选期权的期限就要分别向后推一个月（选择第二、第三个月到期的期权）。确定被选期权的期限后，需要确定行权价。VXO 计算只从符合期限条件的期权中，选择行权价距离 OEX 现价最近的看涨、看跌期权，即行权价大于等于 OEX 现价的期权中，行权价最低的；行权价小于 OEX 现价的期权中，行权价最高的，因此，计算 VXO 的数据来源是 2 个月份、2 个行权价的看涨、看跌期权，共 8 支。

第二个问题，单个期权的隐含波动率如何计算。由于 OEX 期权是美式期权，无法使用 BS 公式，因此 VXO 的计算是用二叉树模型来推算隐含波动率，其输入数据如表 3 所示。

表 3：VXO 计算隐含波动率所采用的输入数据

输入数据名称	输入数据细节
标的价格	标普 100 指数当前价
期权来源	CBOE 标普 100 指数期权（美式）
期权价格	“买一、卖一”价格平均值
剩余期限	交易日数量
无风险利率	Wall Street Journal 公布的最接近被计算期权剩余期限的 T-bill 到期收益率
行权价	不做调整
分红	CBOE 预测的被计算期权存续期内 OEX 分红率

资料来源：《Derivatives on Market Volatility: Hedging Tools Long Overdue》

第三个问题，加权重。VXO 采取了行权价、到期时间两个加权维度。为了直观展示 VXO 的加权过程，我们不妨假设被选取期权的隐含波动率如表 4 所示：

表 4：计算 VXO 时涉及的 8 支期权隐含波动率示意

	最近月 (剩余交易日 $N_{最近}$)		次近月 (剩余交易日 $N_{次近}$)	
	看涨期权	看跌期权	看涨期权	看跌期权
$K_{小} (< S_0)^*$	$\sigma_{看涨, 最近}^{行权价小}$	$\sigma_{看跌, 最近}^{行权价小}$	$\sigma_{看涨, 次近}^{行权价小}$	$\sigma_{看跌, 次近}^{行权价小}$
$K_{大} (\geq S_0)^*$	$\sigma_{看涨, 最近}^{行权价大}$	$\sigma_{看跌, 最近}^{行权价大}$	$\sigma_{看涨, 次近}^{行权价大}$	$\sigma_{看跌, 次近}^{行权价大}$

资料来源：《Derivatives on Market Volatility: Hedging Tools Long Overdue》。注意：表中“*”标注的“K”代表期权行权价，“ S_0 ”代表标的当前价。

首先，对相同行权价、相同到期日的看涨、看跌期权隐含波动率取平均值，得到该行权价、到期日的“平均隐含波动率”，然后将“平均隐含波动率”，按照“行权价距离 OEX 现价越近，权重越高”的原则，以行权价与 OEX 现价距离的倒数为权重，得到相同期限的“行权价加权隐含波动率”：

$$\sigma_{最近} = \left(\frac{\sigma_{看涨, 最近}^{行权价小} + \sigma_{看跌, 最近}^{行权价小}}{2} \right) \left(\frac{K_{大} - S_0}{K_{大} - K_{小}} \right) + \left(\frac{\sigma_{看涨, 最近}^{行权价大} + \sigma_{看跌, 最近}^{行权价大}}{2} \right) \left(\frac{S_0 - K_{小}}{K_{大} - K_{小}} \right)$$

$$\sigma_{次近} = \left(\frac{\sigma_{看涨, 次近}^{行权价小} + \sigma_{看跌, 次近}^{行权价小}}{2} \right) \left(\frac{K_{大} - S_0}{K_{大} - K_{小}} \right) + \left(\frac{\sigma_{看涨, 次近}^{行权价大} + \sigma_{看跌, 次近}^{行权价大}}{2} \right) \left(\frac{S_0 - K_{小}}{K_{大} - K_{小}} \right)$$

接下来，按照“剩余交易日越接近 22 天，权重越高”的原则，对两个期限的“行权价加权隐含波动率”进行时间加权，公式如下，得到 VXO 的最终结果。

$$VXO = \sigma_{最近} \left(\frac{N_{次近} - 22}{N_{次近} - N_{最近}} \right) + \sigma_{次近} \left(\frac{22 - N_{最近}}{N_{次近} - N_{最近}} \right)$$

VIX 的计算方法

VIX 在 1993 年诞生以后，虽然没有直接基于 VIX 的场内产品，但是市场上出现了许多能够实现波动率交易的场外衍生品。面对“场内无产品，场外蓬勃发展”的迫切竞争态势，CBOE 于 2003.9.22 更新了 VIX 算法，采用新算法计算 VIX 指数。

新算法的主要革新有两方面，一是采用不依赖期权定价模型的方法计算隐含波动率，减少具体模型对结果的影响，而且使新算法计算得到的“预期方差”可由一篮子期权组合进行复制；二是将标的指数从标普 100 (OEX) 变更为标普 500 (SPX)，使 VIX 指数的代表性更强。

VIX 新算法的灵感来源是方差互换，该产品的“行权方差价格”是根据股价符合布朗运动的假设，推导出利用期权价格表示的，市场对未来已实现方差的期望。CBOE 根据这个期望公式，并利用泰勒展开对其做了一定程度的简化，使它的可操作性更强，最终形成了 VIX 的新算法。（具体推导过程请见附件 1）

同 VIX 一样，VIX 的计算也涉及三方面问题：选取哪些期权合约、如何计算隐含波动率、如何加权。

第一个问题，选择哪些期权合约。VIX 选取两类期权，传统标普 500 指数期权（月度，每个月第三个周五到期，期权代码：SPX）与周度标普 500 指数期权（周度，每周五到期，期权代码：SPXW）。VIX 在以上两类期权中，只选择剩余期限介于 23-37 个日历日的“近期、远期”合约（near term、next term），即到期日属于最近两档的期权合约；而且，近期、远期合约中必须包含“传统 SPX 指数期权”，不可以同时为周度期权（比如，在 2016.1.18，VIX 选择的“近期合约”为 2015.2.12 到期的 SPXW 期权，“远期合约”为 2016.2.19 到期的 SPX 期权）。另外，VIX 只选择“买一价”不为零的虚值期权合约。

表 5：VIX 计算涉及的输入参数

输入参数名称	输入参数细节
期权来源	标普 500 指数期权（每月第三个周五到期，欧式）；标普 500 指数周度期权（每周五到期，欧式）
期权价格 $Q(K_i)$	行权价为 K_i 的虚值期权“买一、卖一”价格平均值
标的价格 F	远期价格（forward price），使“期权平价公式”左右相等的指数价格
剩余期限 T	日历日，精确到分钟
无风险利率 R	期限最接近被计算期权剩余期限的 T-bill 到期收益率

资料来源：《The CBOE Volatility Index——VIX》

第二个问题，如何计算隐含波动率。VIX 并不是根据具体的期权定价模型，“反推”出隐含波动率，而是采用无模型的方法，直接由期权价格得出市场对未来同一期限波动率的预期，其计算过程分为两个步骤：

（一）计算“远期价格”

VIX 采用的“标的价格”比较特殊，并不是 SPX 现价，而是根据“买卖平价公式”推导出的“远期价格”（Forward Price），它本质上是考虑持有成本后，SPX 现价在期权到期时的风险中性价格。

远期价格是由“平价公式”推导而来，但是每一档行权价都对对应着一个“平价公式”，所以，在计算远期价格之前，首先需要确定采用哪档行权价。CBOE 的原则是，寻找使“认购、认沽”价格差异最小的行权价，作为目标行权价。如表 6 所示，行权价为 1880 的“认购、认沽”期权，其 1.6 的差异是所有行权价档位中最小的，因此就以 1880 作为目标行权价。将该行权价及对应的期权价格，输入平价公式后，得到的标的价格，即“远期价格”。

$$\text{远期价格} = \text{行权价} + e^{RT} \cdot (\text{认购价格} - \text{认沽价格})$$

公式中，R 为期限同期权剩余期限最接近的 T-Bill 收益率，剩余期限 T 需要精确到分钟。

表 6：2016.1.17_10:35（美国中部时间），SPX 期权价格信息

SPX 期权，2016.2.19 到期，剩余 33 天							
认购 买一价	认购 卖一价	买一、卖一 平均	行权价	认沽 买一价	认沽 卖一价	买一、卖一 平均	差的绝对值
62.3	64.4	63.35	1860	44.1	45.9	45	18.4
59.1	61.3	60.2	1865	45.9	47.7	46.8	13.4
56	58.1	57.05	1870	47.7	49.6	48.65	8.4
52.9	55	53.95	1875	49.5	51.5	50.5	3.5

49.9	51.8	50.85	1880	51.4	53.5	52.45	1.6
47	49	48	1885	53.5	55.6	54.55	6.5
44.1	46.1	45.1	1890	55.5	57.7	56.6	11.5
41.3	43.2	42.25	1895	57.7	59.9	58.8	16.6
38.7	40.5	39.6	1900	60	62.3	61.15	21.5

资料来源：Bloomberg，中信证券衍生品经纪业务部

我们采用 2016.1.15 的 1 个月美国国债收益率 0.19% 作为无风险利率，剩余期限 T 大致等于 0.09，根据这些参数，计算得到的“远期价格”为 1878.4。VIX 计算只采用虚值期权合约，因此对于表 6 中的期权，VIX 选择行权价高于 1878.4 的认购期权，与行权价低于 1878.4 的认沽期权，如表 6 中阴影所示。

（二）计算相同期限的预期波动率

如前文所述，VIX 没有采用具体的期权定价模型，而是根据同期限所有虚值期权价格，整体计算得到市场对具体期限的预期波动率，其计算公式如下：

$$\sigma^2 = \left[\frac{2}{T} \sum_{i=1}^N \frac{\Delta K_i}{K_i^2} e^{RT} Q(K_i) \right] - \frac{1}{T} \left[\frac{F}{K^*} - 1 \right]^2$$

其中各项参数含义如下：

σ^2 ：市场对当前期限的预期方差。

N：符合条件的虚值期权数量。（“买一价”不为零；另外，如果连续两个虚值期权的买一价均为零，那么虚值程度超过它们的期权均不被纳入计算）

F：远期价格。

K_i ：第 i 个符合条件虚值期权对应的行权价。

ΔK_i ：行权价间距 $\left(\Delta K_i = \frac{K_{i+1} - K_{i-1}}{2} \right)$ 。

K^* ：低于远期价格 F 的最高行权价（在表 6 中， K^* 为 1875）。

$Q(K_i)$ ：行权价 K_i 对应的虚值合约的“买一、卖一”价格均值。

R、T：无风险利率，精确到分钟的剩余期限。

根据以上公式，可以分别得到市场的“近期、远期”预期年化方差 σ_1^2 、 σ_2^2 。上述公式的证明过程，请见附录 1。

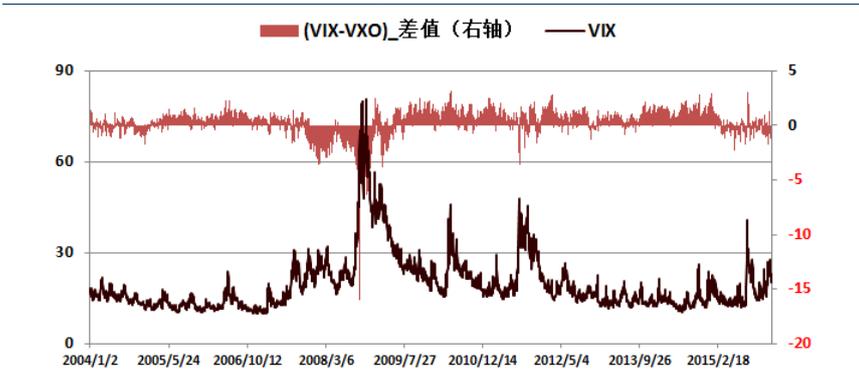
第三个问题，如何加权。VIX 在过程中，利用无模型的隐含波动率公式，直接得到了具体期限的预期年化方差，因此无需按照“行权价”对隐含波动率进行加权，只需要对期限进行加权。同 VXO 类似，VIX 采用“剩余日历日越接近 30 天，权重越高”的原则，对“近期、远期”的预期方差进行期限加权，得到 VIX 的最终结果，公式如下。

$$VIX = 100 \times \sqrt{\left[T_1 \sigma_1^2 \left(\frac{T_2 - 30 * 24 * 60}{T_2 - T_1} \right) + T_2 \sigma_2^2 \left(\frac{30 * 24 * 60 - T_1}{T_2 - T_1} \right) \right] \cdot \frac{365}{30}}$$

VIX 的新、旧算法之间，存在明显区别，学术界针对这个问题有较多讨论。然而，对 VIX 新旧算法的全面对比并不是本报告的主要内容，我们在此只以 VXO、VIX 为例，展示它们的数值差异，给读者两算法差异的直观感受。

如图 5 所示，除了在 VIX 比较高的极端情况下以外，VXO、VIX 的差异并不明显，它们差的绝对值占 VIX 的百分比，平均为 4.6%左右（2004.1.2-2016.1.29）。

图 5：VXO、VIX 每日收盘价走势（2004.1.2-2016.1.29）

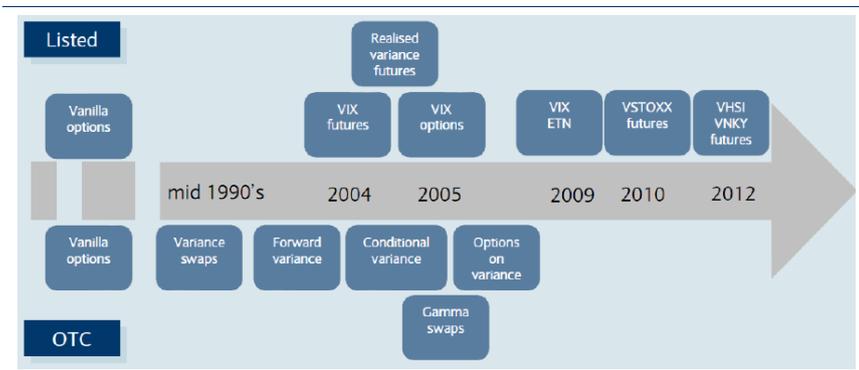


资料来源：CBOE、中信证券衍生品经纪业务部

VIX 相关产品

随着各种期权类衍生品交易量逐渐增加，交易波动率的需求逐渐升温，自 1990 年起，市场中已经出现了以“方差互换”为代表的波动率场外衍生品。然而，场外衍生品毕竟在流动性、成本以及对手方风险方面，不如场内产品。因此，市场不满足于 VIX 仅仅是一个反映市场波动率的指标这样的现状，而是希望能够利用 VIX 进行波动率的投机、对冲以及套利。在此情况下，自 2004 年起，基于 VIX 的各类产品陆续被推出，使 VIX 成为了可以被交易的金融资产。目前，VIX 产品族主要包括期货、期权以及 ETPs（ETF 与 ETN）。

图 6：波动率场内、场外产品的出现时间



资料来源：Chartered Alternative Investment Analyst Association

VIX 期货

虽然早在 1993 年 CBOE 就推出了 VIX 指数，但是由于当时 VIX 采用了基于二叉树期权定价模型的隐含波动率算法，使 VIX 指数无法被可交易的金融资产静态复制，造成理论上

不存在 VIX 现货。VIX 现货缺位，造成投资者对它的接纳程度有限，推出以它为标的的期货就比较困难。这种不理想的状态直到 2003 年才发生改变，CBOE 在当年更新了 VIX 算法，使 VIX² 在理论上可以被一篮子期权组合动态复制出来，增加了市场对 VIX 的接纳程度，改善了推出 VIX 期货的客观条件。

各项条件成熟以后，CBOE 于 2004.4.24 推出 VIX 指数期货，在 CBOE Future Exchange (CFE) 挂牌交易。一经上市，VIX 期货就受到市场广泛欢迎，成交量不断攀升，随后，为了进一步满足市场的波动率交易需求，CBOE 相继推出基于其他股票指数、利率等资产波动率的波动率指数期货。截止 2015 年底，共有四种波动率指数期货在 CBOE、CFE 挂牌交易，具体见表 7。

表 7：CBOE 挂牌的主要波动率期货

代码	标的	说明
VX	VIX 指数	合约乘数 1000 美元，每周都有到期合约
VU	RVX 指数	合约乘数 1000 美元，以罗素 2000 波动率指数为标的，月度合约
VA	SPX 已实现方差	合约乘数 1 美元每方差单位，以期货合约存续期内 SPX 的已实现方差为标的，月度合约
VXTY	TYVIX 指数	合约乘数 1000 美元，以 10 年期美国国债波动率指数 VXTY 为标的，月度合约
VSW (已退市)	VXST 指数	以反映 9 天 SPX 预期波动率的 VXST 指数为标的，2014.2.13 期货上市，2015.6.28 退市

资料来源：CBOE Future Exchange，中信证券衍生品经纪业务部

所有波动率期货中，VIX 期货的成交量最大、代表性最强，本节中我们主要介绍 VIX 期货，其合约要素如下：

表 8：VIX 期货合约要素

名称	要素内容
标的资产	CBOE VIX 指数
合约代码	VX
到期日	每周三（每周均有到期合约）
代码规则	每月第三个周五到期合约代码为“VX 当月字母”，1-12 的“当月字母”分别为 F、G、H、J、K、M、N、Q、U、V、X、Z；其他时间到期，合约代码为“VX 当年第几周 当月字母”，例如 2015.9.4 到期合约，代码为 VX35U
合约乘数	每 VIX 点数 1000 美元
最小价格变动单位	普通交易 0.05 美元，大宗交易中的合约 0.005 美元
交割方式	现金交割
交割价	采用 CBOE “Special Opening Quotation” 规则计算的 VIX 指数交割日价格
保证金制度	CFE 不定期公布，采用 STANS 模式
交易方式	普通交易、大宗交易（Block Trade）、Trade at Settlement（每天 15:11:59 以前接受报价，按照收盘结算价成交）
交易时间	正常交易时间：周一至周五，8:30-15:15，接受所有类型报价单 延迟交易时间：周日 17:00 至周一 8:30；周二至周四，前一天 15:30-当天 8:30，只接受“Stop Limit Orders”

资料来源：CBOE Future Exchange，中信证券衍生品经纪业务部。注意：表中所涉及的时间，均为“美国中部时间（CST）”。

VIX 期货上市后，很快就受到投资者认可，成交量稳步提高，尤其在 2008 年金融危机以后，全球金融市场发生较大动荡，波动率风险被市场高度重视，而 VIX 期货作为波动率交

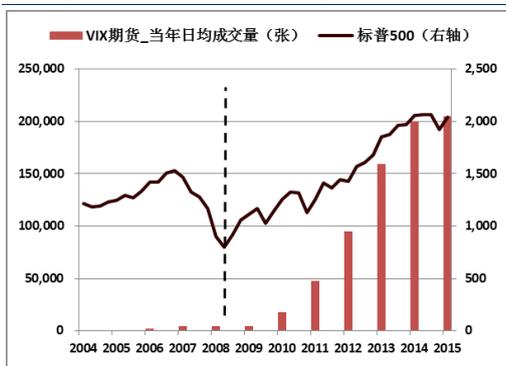
易的龙头标的，其成交量爆发。2010 当年日均成交量达到 17430 张，接近上市第一年数据的 40 倍，2015 年，其日均成交量达到 20.5 万张，创造历史新记录。

需要注意的是，VIX 期货同 VIX 指数之间，经常会存在较明显的基差，如图 8 所示。其背后的主要逻辑有两个。

第一，可以被一篮子期权静态复制的是“预期方差”，而不是“预期波动率”。VIX 作为后者，它同方差之间存在开方的问题，使得 VIX 在理论上都无法被期权组合静态复制。相反，如果采用动态复制的方式（不断调整仓位，使期权组合总 Vega 保持恒定），那么还涉及到一些更复杂的问题（比如，如何预测“波动率的波动率”）。这些问题最终造成现实中构建 VIX 现货十分困难，使得 VIX 指数、期货之间存在较大的基差。

第二，即便是“VIX²”，也无法被“静态复制”。这主要是由“方差互换”与“VIX²”的含义区别所导致的。我们知道，VIX²是市场对 SPX 未来 30 天的预期方差，那么在日期序列 {T₀, T₁, ..., T_N, ...} 中，第 T₀ 天的 VIX² 等于 SPX 在“T₀ → T₃₀”的预期方差，此时 VIX² 的数值确实等于公式（附 1.3.11）中所示的一篮子期权价值。然而，当时间流逝时，比如到了第 T₅ 天，这时，在 T₀ 天构建的期权组合（按照公式“附 1.3.11”），其价值等于 SPX 在“T₅ → T₃₀”的预期方差（它的价值始终同“T₃₀ 到期的方差互换的风险中性价值”相等）。可是，第 T₅ 天的 VIX² 却等于 SPX 在“T₅ → T₃₅”的预期方差，不等于在 T₀ 天构建的期权组合价值，这意味着，T₀ 天构建的期权组合无法静态复制 VIX²。所以，方差互换与 VIX² 的区别导致后者无法被静态复制。关于 VIX 指数、期货之间的基差，还有许多细节问题值得挖掘，我们会在本系列的后续报告中详述。

图 7：VIX 期货年日均成交量、标普 500 收盘价对比（2004.3.31-2015.12.31）



资料来源：CBOE Future Exchange, Wind 资讯

图 8：VIX 指数、VIX 期货当月连续合约日收盘价对比（2015.7.1-2016.1.19）



资料来源：CBOE, Bloomberg, 中信证券衍生品经纪业务部

VIX 期权

VIX 期货诞生 2 年之后，VIX 指数期权也被 CBOE 于 2006.2.24 推出，用来满足投资者高杠杆、非线性交易波动率的需求。同时，由于跟踪 VIX 期货的 ETN 产品不断被推出，使得 VIX 现货标的不仅只有 VIX 指数，还有跟踪 VIX 指数的 ETN（例如“VIX 跟踪型 ETPs”一节中介绍的，巴克莱银行旗下的 iPath 公司在 2009 年推出的“VXX”，它是跟踪 VIX 当月、次月期货的 ETN），CBOE 针对这些 VIX 跟踪型 ETN，也推出了相应期权。截止 2015 年底，在 CBOE 挂牌交易的波动率期权，总共有四种。

表 9：CBOE 挂牌的波动率期权

代码	标的	行权类型	说明
VIX	VIX 指数	欧式	合约乘数 100 美元，每周三到期
VXX	VXX ETN	美式	合约乘数 100 单位 ETN，每周五到期
VXV	VXZ ETN	美式	合约乘数 100 单位 ETN，每月第三个周五到期
BVZ	VIX 指数	欧式二元	收益 100 美元，每月第三个周五到期

资料来源：CBOE，中信证券衍生品经纪业务部

同 VIX 期货类似，VIX 期权的成交量高于其他波动率期权，因此本节中我们主要介绍 VIX 期权，其合约要素如下：

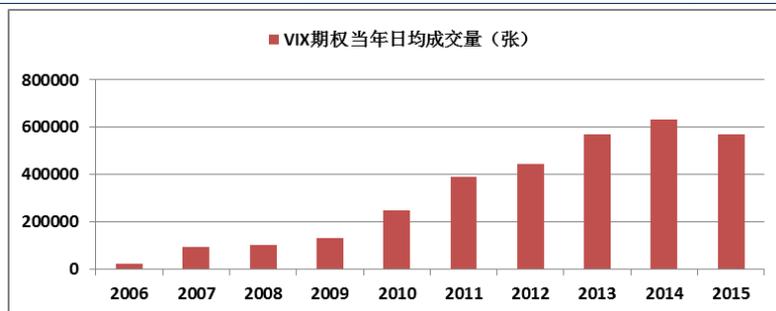
表 10：VIX 期权合约要素

名称	要素内容	名称	要素内容
标的资产	CBOE VIX 指数	合约乘数	每 VIX 点数 100 美元
合约代码	VIX	行权方式	欧式
到期日	每周三（每周均有合约到期）	保证金制度	STANS
合约数量	6 个周度合约，12 个月度合约	交易时间	正常交易时间：周一至周五 8:30-15:15；延长交易时间：周一至周五 2:30-8:15

资料来源：CBOE，注意：表中所涉及的时间，均为“美国中部时间（CST）”。

VIX 期权上市后，同样受到了投资者的广泛欢迎，其日均成交量以 2006 年的 2.3 万张为起点，稳步提高，在 2014 年突破每天 60 万张。截至本报告发布日，VIX 期权日均成交量稳定在 55 万张左右，流动性良好。

图 9：VIX 期权当年日均成交量（单位：张，2006.2.24-2015.12.31）

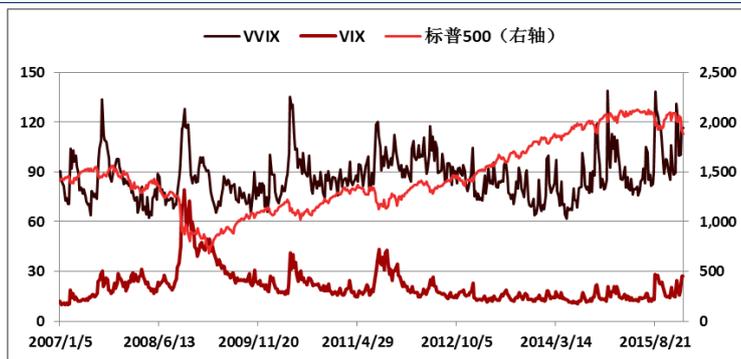


资料来源：CBOE，中信证券衍生品经纪业务部

需要注意的是，虽然 VIX 期权的行权结算标的是 VIX 指数，但是其合适的定价标的是 VIX 期货。如上一节所述，由于复制 VIX 现货很困难，导致 VIX 期现之间基差较大。在这种情况下，由于通过买入看涨、卖出看跌 VIX 期权的操作，可以构建 VIX 现货，使得 VIX 期权、VIX 期货之间存在微妙的套利关系，这导致由 VIX 期权合成的“VIX 现货”、VIX 期货之间的价差不会很大；相反，由于 VIX 现货本身很难复制，无法被交易，造成 VIX 现货、期货之间的套利实际上无法实现。在以上两个因素联合作用之下，相比于 VIX 指数，VIX 期权同 VIX 期货的关系更密切，导致其合适的定价标的是 VIX 期货。VIX 定价标的的逻辑，同当前 50ETF 期权有相似之处，具体机制请参考我们在 2015.11.2 发布的报告《期现基差对期权定价的影响分析》。

VIX 指数本身也存在波动率，为了衡量它，CBOE 推出了 VVIX 指数，它反映市场对 VIX 指数本身的 30 天年化波动率预期。由于 VVIX 相当于是“波动率的波动率”，因此它的数值更大，平均水平比 VIX 高，表明“波动率的波动”通常比“指数的波动”更加剧烈。

图 10：VVIX、VIX、标普 500 周收盘价对比（2007.1.5-2016.1.15）



资料来源：CBOE, Wind 资讯

VIX 跟踪型 ETPs

VIX 期货、期权是成功的金融产品，但是它们也存在一些不足，主要有三个方面。第一，合约相对较大，对于小资金投资者存在一定门槛；第二，存在到期日，对于需要连续对冲波动率风险的投资者而言，需要不断针对 VIX 期货进行换周、换月滚动操作；第三，属于衍生品范畴，对于某些低风险偏好型基金，可能受合同、监管法规的限制，而无法投资。

这三个不足抑制了 VIX 期权、期货的投资便利性。为了使 VIX 产品更易于交易，以巴克莱银行、Proshares 为首的基金发行商，推出了跟踪 VIX 的交易所交易产品（Exchange Traded Products, 简称 ETPs），主要包括 ETF、ETN。由于大家对前者 ETF 比较熟悉，而对后者 ETN 则比较陌生，接下来我们先简单介绍一下 ETN 的产品特征。

ETN（Exchange Traded Notes）同 ETF 之间存在本质区别，而其中最核心的区别在于运营方式，即“ETN 不持有任何资产”。它的全称是“交易所交易票据”，最早由巴克莱银行在 2006 年发行。

ETN 存在到期日，并且会挂钩某一具体指数，在存续期内的每一天，发行公司都会计算 ETN 的“赎回价值”（redemption value），它等于挂钩指数同期初点数比值（观察日点数/期初点数）的倍数乘以 ETN 初始发行价值。到期时，投资者会收到同“赎回价值”相等的现金。在存续期内，投资者可以赎回 ETN，收到等于“赎回价值”的现金。同 ETF 类似，投资者既可以向发行方赎回 ETN，也可以按照市场价格，在场内交易 ETN。

ETN 的最大相对优点是没有跟踪误差。由于 ETN 不持有任何资产，其“赎回价值”仅同指数点数有关，赎回 ETN 得到的现金完全等于（或数倍于）指数收益，使得它没有跟踪误差，完全为零。相反，ETF 按照所跟踪的指数，持有完全相同的成份股，由于交易以及复制偏差的影响，使得 ETF 存在跟踪误差。

ETN 的最大相对缺点是存在违约风险。同样是由于 ETN 不持有任何资产，导致 ETN 缺少抵押物，投资者在赎回、到期时收到的现金受发行人履约能力影响。如果发行人违约，投资人就无法收到全部“赎回价值”，因此，ETN 存在一定的违约风险，它的发行商也以大投行为主。

总体而言，ETN 兼具债券和 ETF 的特征，可以看成是收益挂钩指数的债券。近年来，ETN 发展迅速，成为继 ETF 之后，投资者认可程度较高的 ETPs 产品。

表 11：ETF、ETN 主要特征对比

ETF	对比项目	ETN
跟踪指数	是否跟踪指数	跟踪指数
持有同指数构成相同的资产	持有资产	不持有任何资产
存在误差	跟踪误差	没有跟踪误差
无	到期日	存在到期日
无	违约风险	存在违约风险
能够获得成份股分红收益	分红	不会获得成份股分红收益

资料来源：中信证券衍生品经纪业务部整理

截至 2016.1.20，共有约 25 种 VIX 跟踪型 ETPs。根据产品特征，这些 ETPs 可以被划分成四大类。第一，跟踪 VIX 短期、中期走势的无杠杆产品，它们通过买入多个月份的 VIX 期货合约，来拟合特定期限（1、5 个月等）的 VIX 期货多头收益。这类产品中，成交量最大的是 Barclays Bank PLC 发行的 VXX；第二类产品同样是跟踪 VIX 期货多头收益，但是它们在第一类产品的基础之上，加入了杠杆，使得它们拟合了短期、中期 VIX 期货多头的 2 倍收益，这类产品中影响力最大的是 Credit Suisse 发行的 TVIX；第三类是 VIX 反向产品，它们通过卖空 VIX 期货，实现跟踪 VIX 期货短期、中期空头收益。它们当中成交量最大的是 Credit Suisse 发行的 XIV；最后一类是利用 VIX 对冲现货极端风险的策略产品。它们会采用买入 VIX 期货、看涨期权，来对冲股票组合的极端下行风险，达到降低波动率的目的，它们当中成交量最大的是 Proshares 发行的 PHDG。

VIX 跟踪型 ETPs 主要以 ETN 产品为主，包括 15 支 ETN，我们在表 12 中，对这些产品的合约细节做简要展示。

表 12：跟踪 VIX 的主要 ETN 产品（截至 2016.1.20）

类型	产品代码	名称	产品类型	发行公司	规模（百万美元）截至 2016.1.21	产品策略
跟踪波动率（一倍杠杆）	VXX	S&P 500 VIX Short-Term Futures ETN	ETN	Barclays Bank PLC, iPath	712.88	复制 VIX 期货短期收益，买入近月、次月合约
	VXZ	S&P 500 VIX Mid-Term Futures ETN	ETN	Barclays Bank PLC, iPath	47.15	复制 VIX 期货中期收益，买入 4、5、6 与 7 个月后到期合约
	VIIX	VelocityShares Short-Term VIX Futures ETN	ETN	Credit Suisse AG, VelocityShares	12.32	采用动态加权法，复制剩余期限 30 天 VIX 期货合约收益
	XVIX	E-TRACS Daily Long-Short VIX ETN	ETN	UBS AG	11.84	跟踪 VIX 期货中期、短期合约价差，100% 仓位买入中期合约，50% 仓位卖出短期合约
	CVOL	C-Tracks ETN Citi Volatility Index Total Return	ETN	Citigroup Funding Inc	4.97	跟踪 Citi 全收益波动率指数（CVOLT）
	VIIZ	VelocityShares Daily Long VIX Medium-Term ETN	ETN	Credit Suisse AG, VelocityShares	0.72	采用动态加权法，复制剩余期限 5 个月 VIX 期货合约收益
杠杆波动率	TVIX	VelocityShares Daily 2X VIX Short-Term ETN	ETN	Credit Suisse AG, VelocityShares	517.36	复制剩余期限 30 天 VIX 期货合约的 2 倍杠杆收益
	TVIZ	VelocityShares Daily 2X VIX Short-Term ETN	ETN	Credit Suisse AG, VelocityShares	2.08	复制剩余期限 5 个月 VIX 期货合约的 2 倍杠杆收益
反向波动率	XIV	VelocityShares Daily Inverse VIX Short-Term ETN	ETN	Credit Suisse AG, VelocityShares	1065.61	复制剩余期限 30 天 VIX 期货合约的空头收益
	ZIV	VelocityShares Daily Inverse VIX	ETN	Credit Suisse AG,	86.46	复制剩余期限 5 个月 VIX 期货合约的

	Medium-Term ETN		VelocityShares			空头收益
	IVOP	Inverse S&P 500 VIX Short-Term Futures ETN (II)	ETN	Barclays Bank PLC, iPath	0.96	复制 VIX 期货短期合约空头收益, 采用近月、次月合约
	XXV	Inverse S&P 500 VIX Short-Term Futures ETN	ETN	Barclays Bank PLC, iPath	0.72	复制 VIX 期货短期合约空头收益, 采用近月、次月合约
波动率对冲现货风险策略	VQT	Barclays ETN+ S&P VEQTOR ETN	ETN	Barclays Bank PLC, iPath	269.65	复制“S&P 500 Dynamic VEQTOR Total Return Index”收益
	VQTS	ETRACS S&P 500 VEQTOR Switch ETN	ETN	UBS AG	19.78	复制“S&P 500 VEQTOR Switch Index TR”指数收益, 该指数通过动态调整股票、VIX 近月期货比例, 使总持仓目标波动率为 10%
	XVZ	S&P 500 Dynamic VIX ETN	ETN	Barclays Bank PLC, iPath	9.88	复制“S&P500 Dynamic VIX Future Index TR”收益

资料来源: ETF Database, ETN 发行公司官网, 中信证券衍生品经纪业务部整理

VIX 跟踪型 ETF 有 10 支, 除了“波动率对冲现货风险”类 ETF 平均规模高于 ETN 以外, 其余 ETF 平均规模均小于同类 ETN 产品, 我们在表 13 中展示了它们的产品细节。

表 13: 跟踪 VIX 的主要 ETF 产品 (截至 2016.1.20)

类型	产品代码	名称	产品类型	发行公司	规模 (百万美元) 截至 2016.1.21	ETF 投资策略
跟踪波动率 (一倍杠杆)	VIXY	VIX Short-Term Futures ETF	ETF	ProShares	110.12	复制 VIX 期货短期收益, 买入近月、次月合约
	VIXM	VIX Mid-Term Futures ETF	ETF	ProShares	32.15	复制 VIX 期货中期收益, 买入 4、5、6 与 7 个月后期到合约
	VXUP	Spot CBOE VIX Up Class Shares	ETF	AccuShares	1.86	多空基金的“多头”部分, 目的是跟踪 VIX 现货多头收益
杠杆波动率	UVXY	Ultra VIX Short-Term Futures ETF	ETF	ProShares	326.48	复制 VIX 期货短期合约 2 倍杠杆收益, 买入近月、次月合约
反向波动率	SVXY	Short VIX Short-Term Futures ETF	ETF	ProShares	832.48	复制 VIX 期货短期合约空头收益, 采用近月、次月合约
	VXDN	Spot CBOE VIX Down Class Shares	ETF	AccuShares	2.18	多空基金的“空头”部分, 目的是跟踪 VIX 现货空头收益
波动率对冲现货风险策略	PHDG	PowerShares S&P 500 Downside Hedged Portfolio	ETF	ProShares	342.53	主动型 ETF。买入股票, 采用 VIX 期货对冲风险。业绩比较基准: S&P 500 Dynamic VEQTOR Index
	SPXH	Janus Velocity Volatility Hedged Large Cap Exchange Traded Fund	ETF	Janus Capital Group	40.23	复制“VelocityShares Volatility Hedged Large Cap Index”收益, 85% 仓位买入大盘股, 15% 仓位持有 VIX 近月期货净多头, 对冲波动率风险
	TRSK	VelocityShares Tail Risk Hedged Large Cap ETF	ETF	Janus Capital Group	37.44	复制“VelocityShares Tail Risk Hedged Large Cap Index”收益, 85% 仓位买入大盘股, 15% 仓位持有 VIX 近月期货净多头, 对冲极端风险
	VIXH	CBOE S&P 500 VIX Tail Hedge Fund	ETF	First Trust Portfolios L.P.	3.26	复制“CBOE VIX Tail Hedge Index”指数收益, 该指数买入标普 500 所有股票, 并且根据 VIX 期货的价格情况, 择机买入 VIX 当月期权

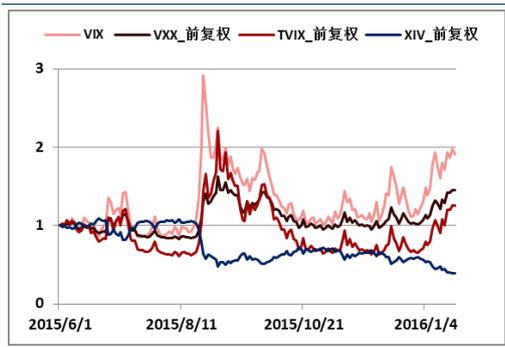
资料来源: ETF Database, ETF 发行公司官网, 中信证券衍生品经纪业务部整理

需要注意的是，由于 VIX 指数现货很难交易，因此这些“VIX 跟踪”型 ETPs，全部是跟踪 VIX 期货，而不是 VIX 现货。

在图 11、12 中，我们分别展示了主要 VIX 跟踪型 ETP 同 VIX 指数的短期、长期走势对比。从图中数据不难发现，VXX、TVIX 等产品在稳定“亏损”，而反向产品 XIV 却在稳定“盈利”。这个现象违背我们熟知的商品期货定价理论，矛盾背后的主要原因是，VIX 期货相对于 VIX 指数存在风险溢价。

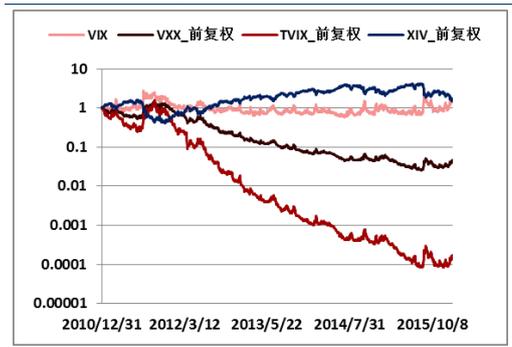
存在风险溢价的情况下，滚动买入 VIX 期货，等价于持有 VIX 现货，并且不断“买入”风险溢价。由于风险溢价会在 VIX 期货到期结算时收敛至零，因此买入 VIX 期货包含的“买入风险溢价”部分会不断亏损，相当于不断付出风险溢价成本；同时，买入 VIX 期货包含的“持有 VIX 现货”部分，由于 VIX 现货具有均值回归特性，因此平均收益等于零。不断亏损的“风险溢价”，加上平均收益为零的“持有 VIX 现货”，使得滚动买入 VIX 期货的 ETPs，其长期平均收益为负。这个机制同期权的“时间价值”有相似之处，即 VIX 期货多头会持续付出“时间价值”成本，用来搏取极端行情中，波动率大幅上升带来的收益。当然，本段只是简单介绍，其具体机制比较复杂，我们会在后续报告中介绍。

图 11：VIX 指数、VXX、TVIX、XIV 前复权价格短期走势对比（2015.6.1-2016.1.21）



资料来源：Bloomberg，中信证券衍生品经纪业务部。注意：“前复权”，即“forward adjusted price”

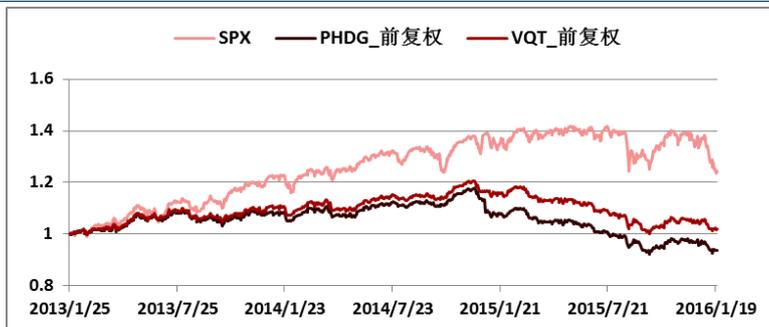
图 12：VIX 指数、VXX、TVIX、XIV 前复权价格长期走势对比（2010.12.31-2016.1.19）



资料来源：Bloomberg，中信证券衍生品经纪业务部

极端行情中，VIX 会出现较大幅度的上涨，因此持有 VIX 期货、看涨期权多头可以起到对冲极端风险的作用。如“VIX 跟踪型 ETPs”一节中的表 12、13，其中“波动率对冲现货风险策略产品”，就是持有股票现货并且利用少量仓位买入 VIX 期货、看涨期权，对冲极端下行风险。它们当中，成交量最大的是 PHDG、VQT，二者同 SPX 走势对比如图 13 所示。不难发现，通过对冲极端风险，这类产品的波动率低于 SPX，2013.1.25-2016.1.21，SPX 的年化波动率为 12.9%，而同期 PHDG、VQT 的年化波动率则为 8.6%、7.7%。

图 13：SPX 指数、PHDG、VQT 前复权收盘价对比（2013.1.25-2016.1.21）



资料来源：Bloomberg

VIX 的投资作用

VIX 独特的性质，使得 VIX 期货、期权以及 ETN 产品上市以后，投资者陆续发现它们能够实现很多传统金融产品无法企及的投资作用。我们在本章中，梳理了 VIX 最主要的六项投资作用。

波动率交易工具

VIX 类产品最基本的功能就是交易波动率。虽然通过交易期权可以间接交易波动率，但是，利用 VIX 类产品交易波动率，具有明显的相对优势，具体有三点：

VIX 类产品是最便捷的波动率交易工具。

VIX 类产品出现以前，投资者只能通过两种方式交易波动率：一是交易期权，使组合的 Vega 之和不为零，从而拥有对波动率的风险暴露，利用这种方式间接交易波动率；二是交易以波动率为标的的场外衍生品，例如“方差互换”等，实现交易波动率的效果。这两种方法都存在比较明显的弊端，前者需要投资者计算 Vega 数值，这不仅存在一定的技术门槛，而且还会引入其他希腊字母风险暴露，另外还会使资金占用较高；后者不存在公开市场，流动性相对较差，并且对投资者的资质要求比较高。

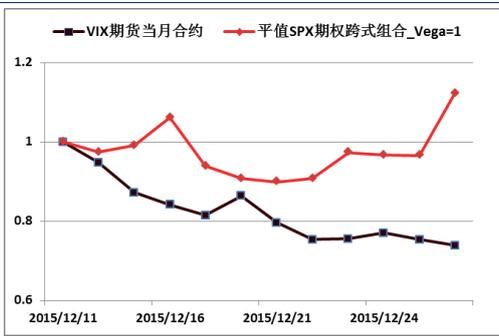
随着 VIX 类产品陆续被推出，投资者拥有了能够直接交易波动率的工具，而且大部分 VIX 类产品都在场内交易，拥有公开市场，摩擦成本较低，价格透明程度高。同时，VIX 类产品的合约普遍较小，资金门槛较低，使很多中小投资者也拥有交易波动率的途径。总而言之，虽然许多产品都可以实现交易波动率的效果，但是 VIX 类产品的便捷性最高。

VIX 类产品是最纯粹的波动率交易工具。如果通过交易期权间接交易波动率，那么就会不可避免地引入其他风险，主要包括两方面：

首先，期权价值不仅受隐含波动率影响，还受标的价格、时间等多种因素影响，尤其是标的价格，它对期权价值的影响更直接、作用更大。因此，投资者通过期权间接交易波动率时，即便对波动率的变动方向判断正确，也可能由于标的价格发生了不利变动，导致波动率交易最终亏损。例如图 14 所示的例子，2015.12.11-2015.12.29，VIX 从 24.39 下降至 16.08，而同期 SPX 指数却上升了 3.28%。如果投资者正确判断了波动率的走势，那么卖出 VIX 期货当月合约，收益率约为 98.9%（VIX 期货当月连续合约上涨 26%，2015.12.11 初始保证金比例大约为 $6215/23650=26.3\%$ ，合约收益率为 $26\%/26.3\%=98.9\%$ ）；相反，如果投资者通过卖出远月 SPX 期权平值跨式组合，来做空波动率，那么虽然组合在 Vega 上获得了正收益，但是由于 SPX 上升了 3.28%，造成较大 Gamma 亏损，不仅蚕食了 Vega 收益，而且导致卖空波动率交易最终亏损。

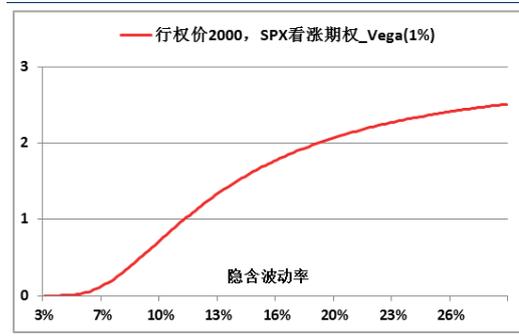
其次，期权是非线性波动率投资工具。当标的价格、隐含波动率发生变化时，期权的 Vega 值也会相应发生变化，如图 15 所示。这导致采用期权交易波动率时，其损益与隐含波动率之间是非线性关系，这会增加事前分析的难度，而且需要投资者根据市场情况，不断做动态调整。

图 14：相等 Vega 值“VIX 期货、SPX 期权”收盘中间价对比 (2015.12.11-2015.12.29)



资料来源：Bloomberg，中信证券衍生品经纪业务部；注：图中 SPX 期权到期日为 2016.2.19

图 15：行权价 2000，2016.3.18 到期，SPX 看涨期权 Vega 同隐含波动率关系 (2016.1.25)

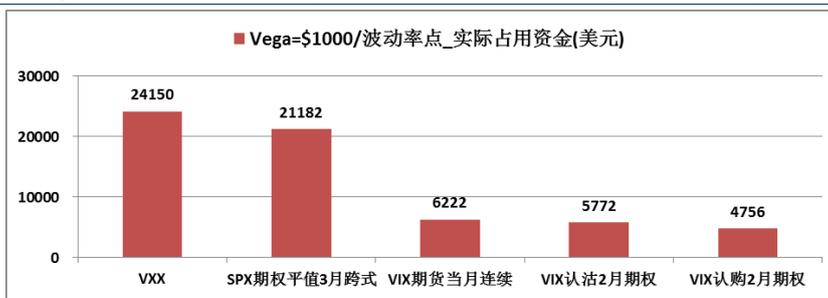


资料来源：Bloomberg，Wind 资讯，中信证券衍生品经纪业务部；图中期权采用 2016.1.25 收盘数据

相比之下，VIX 类产品就没有以上两个缺点。VIX 类产品是直接的波动率交易工具，其价格最核心的影响因素就是 VIX，受其他因素的影响很小；而且，如果采用 VIX 期货，那么它的“Vega”（VIX 期货价格对 VIX 的导数）恒为 1，无须计算，且几乎不受其他因素影响。这些因素使 VIX 类产品是纯粹的波动率线性交易工具。

VIX 产品交易波动率，占用资金最低。交易波动率所占用的资金额，是投资者考虑的核心因素之一。资金占用越少，杠杆就越高，收益率的上限也越高，相应的投资灵活性也就更强。我们在图 16 中，采用 2016.1.25 收盘时的价格、保证金、希腊字母等数据，计算了各种主流波动率交易工具的实际资金占用量。不难看出，对于相同的 Vega 值（1000 美元每波动率点），相比于买入远月 SPX 期权跨式组合，VIX 期权、期货的资金占用更低，其中 VIX 当月期货，资金占用只相当月 SPX 期权跨式组合的 29.4%，而 VIX 期权 2 月平值合约，由于杠杆更高，资金占用更低。所以说，利用 VIX 类产品交易波动率，占用的资金比例更低，可以实现更高的投资灵活性。

图 16：Vega=1000 美元/波动率点，各交易工具实际占用资金 (单位：美元，2016.1.25)



资料来源：Bloomberg，CFE，中信证券衍生品经纪业务部整理

对冲波动率风险

现代金融市场中，具有期权性质的产品占比逐渐增多，而波动率的大幅变动是它们包含的主要风险之一，因此，采用合适的产品对冲波动率风险变得越来越重要。VIX 类产品是对冲波动率风险的理想选择，主要有三个原因：

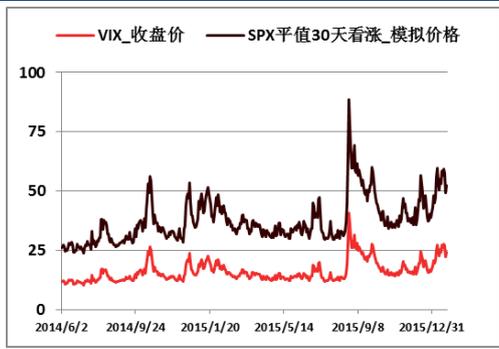
VIX 类产品可以对冲组合整体的波动率风险。根据前文论述，VIX 类产品是最便捷、占用资金最低且不引入其他风险的波动率交易工具，而且，VIX 本质上是“加权平均隐含波动

率”，能够代表市场整体的波动率情况。因此，投资者可以根据组合整体的 Vega 值，交易适当数量的 VIX 类产品，实现对组合整体波动率风险的对冲。

的确，在理论上，投资者可以通过调整组合中各个期权合约的数量，使组合的“Vega 为零”，表面上实现“波动率风险为零”。但是，不同期限的波动率，不仅在本质上存在区别，而且在实际市场中，它们的走势常常会差异明显。这导致由剩余期限不同的期权构成的组合，在实际中，无法做到 Vega 为零，永远存在波动率风险暴露。只有采用不同期限的 VIX 类产品（例如，不同期限的 VIX 期货），分别对组合中期限匹配的波动率风险进行对冲，才能实现真正意义上的波动率风险中性。

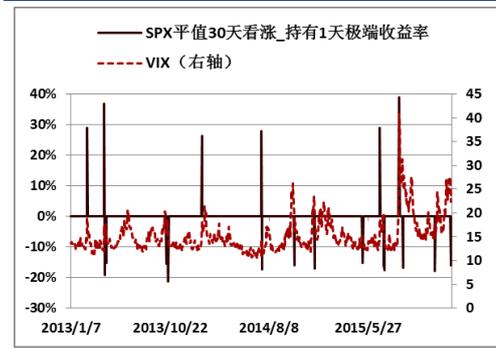
至于为何要对冲波动率风险，我们在这里做一个简要说明。波动率的变化要比标的价格剧烈很多，在极端情况下，波动率会成倍数变化，其引发的风险会显著增加。如图 17 所示，我们通过 BS 模型，模拟了剩余期限为 30 天的 SPX 平值看涨期权的价格情况，可以发现，当 VIX 发生极端变化时，对应期权的价格变化剧烈，平值期权 1 天的涨幅甚至超过 30%。因此，投资者不可轻视波动率风险，应该考虑采用 VIX 类产品对冲波动率风险。

图 17：VIX、模拟 SPX 平值 30 天看涨期权_收盘价对比 (2014.6.2-2016.1.25)



资料来源：Bloomberg，中信证券衍生品经纪业务部

图 18：持有模拟 SPX 平值 30 天看涨期权 1 天极端收益率、VIX 对比 (2014.6.2-2016.1.25)



资料来源：Bloomberg，中信证券衍生品经纪业务部。注：图中“极端收益率”，指的是“大于 25%或小于-15%”

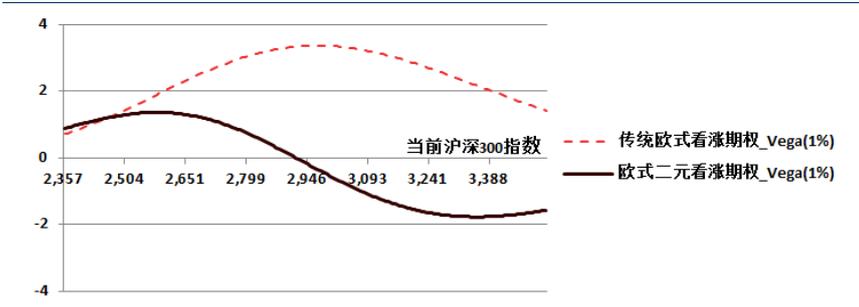
VIX 类产品可以对冲场外衍生品风险。具有期权性质的场外衍生品同场内一样，其价值也受波动率影响，存在波动率风险暴露。但是，场外衍生品的定价往往更加复杂，有些产品的定价模型甚至没有解析解，这使得场外产品的 Vega 相对更加复杂，不仅公式庞大，而且其 Vega 本身对标的、波动率变化的响应特性也更加复杂。

$$\text{Vega}(\text{普通欧式}) = S_0 \sqrt{T} N'(d_1)$$

$$\text{Vega}(\text{欧式二元}) = \frac{-Qe^{-rT} N'(d_2) d_1}{\sigma}$$

这些因素使场内、场外产品的 Vega 匹配程度很低，利用前者对冲后者的 Vega 风险，在实际操作中不仅意义寥寥，而且占用资金较高。投资者只有通过交易 VIX 类产品，对场外衍生品组合整体的波动率风险进行动态对冲，才能从根本上解决问题。这种方法对场外衍生品的卖出方，尤其适用。

图 19：沪深 300 指数传统欧式、欧式二元期权 Vega 对比



资料来源：中信证券衍生品经纪业务部整理。注：图中期权行权价为 2946.09（沪深 300 指数 2016.1.29 收盘价），波动率为 45.66%，利率 1.5%，剩余期限 30 天，二元期权 Q=294.6

VIX、VVIX 为动态对冲策略提供合理波动率选择。对于很多动态策略，如 Delta 中性策略等，它们都需要事先确定对冲操作使用的波动率数值。虽然有很多种方法确定具体的波动率选择，但是由于 VIX 可以反映全市场的“加权平均隐含波动率”，具有较强的基准性质，因此可以作为合理的波动率选择。另外，很多复杂的波动率衍生品，它们的对冲策略往往涉及到“波动率的波动率”，其理论模型较复杂，比较难于确定。根据前文所述，VVIX 是对 VIX 指数本身的波动率预期，因此，可以代表全市场平均“波动率的波动率”，为复杂衍生品提供对冲、定价参数。例如可以联合利用 VIX、VVIX 的价格，可以确定“波动率互换”的定价。

$$K_{\sigma} = VIX_0 * \left[1 - \frac{VVIX_0^2}{8 * VIX_0^4} \right]$$

综合而言，VIX 期限丰富，Vega 恒等于 1，不涉及不同期权 Vega “匹配”的问题，使得 VIX 可以对冲场外衍生品风险，VIX 与 VVIX 可以为动态对冲策略提供了合理波动率选择。更重要的是，VIX 可以对冲衍生品组合整体的风险，对于某些需要对冲全公司各业务线整体波动率风险敞口的风控官来说，VIX 类产品可能是唯一的选择。

增强组合收益

“卖出波动率”可以作为持有资产，构成投资组合的一部分。随着各种波动率产品被推出，“波动率”不再仅仅是一项反映市场风险情况的指标，而是成为了一种可以被交易的金融资产。该资产是否能作为投资组合的一部分，被长期配置呢？根据实证研究的结果，答案是肯定的，“卖出波动率”可以作为资产被配置。

虽然波动率与股价不同，不存在趋势性走势，而是在一个范围内保持相对稳定的波动，具有均值回归的特征，但是波动率现货并不能被直接交易，只有波动率产品（期权、期货、ETPs）才可以。根据我们在“VIX 期货”一节中的论述，可交易的 VIX 期货等产品，都包含风险溢价，在到期结算时收敛为零。这个机制造成具有“买入波动率”性质的产品（VXX、TVIX 等），长期平均收益为负。

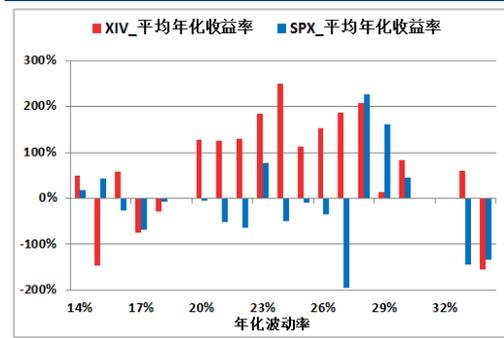
相反，“卖出波动率”本质上为市场提供了波动率保护，应当获得风险溢价补偿，长期来看，能够获得比较显著的正收益。如图 20 所示，XIV 是卖空 VIX 的产品，虽然它在短期内存在较大回撤，但是长期来看，XIV 存在正收益。因此，“卖出波动率”长期预期收益为正，可以作为配置型资产。

图 20 : SPX 期货当月合约、XIV 收盘净值对比 (2010.12.31-2015.12.31)



资料来源: Bloomberg, 中信证券衍生品经纪业务部

图 21 : 相同波动率区间内, SPX、XIV 平均年化周收益率对比 (2010.12.31-2016.1.21)



资料来源: Bloomberg, 中信证券衍生品经纪业务部

“卖出波动率”作为持有资产，能够增强组合收益。通过进一步分析我们发现，“卖出波动率”的“风险调整后收益”通常比标的本身更高。如图 21 所示，在相同的波动率区间内，XIV 的平均年化收益率高于 SPX，并且，XIV 同 SPX 的相关系数在 80% 以上，二者之间的可替代性较强。这意味着，如果在组合中，将部分标普 500 权重股，换成 XIV 等“卖空波动率”资产，并且调整权重，使新组合的波动率等于原组合，那么由于后者的期望收益率更高，就可以增强组合收益。需要注意的是，虽然“卖出波动率”可以增强组合收益，但是在极端行情中，它的回撤可能会更大，投资者需要格外重视这个风险。

对冲极端下跌风险

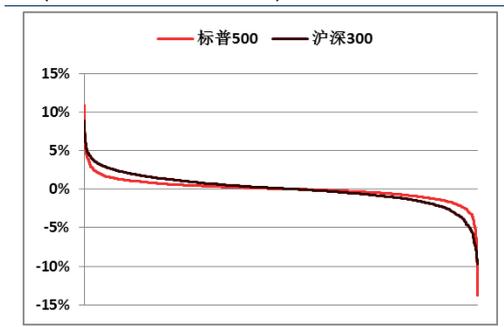
资产价格在实际市场运行中，经常不满足正态分布假设，体现出显著的“厚尾”特征，造成出现大幅波动的概率，远高于理论假设。如表 14 所示，近十年里，中美主要指数都曾出现过日涨跌幅突破[-5%,5%]的情况，其中沪深 300 日涨跌幅突破[-5%,5%]的后验概率接近 3%，而且跌幅突破下限的概率高于涨幅突破上限。

表 14 : 标普 500、沪深 300、上证 50 日收益率频率统计 (2006.1.5-2016.1.28)

	标普 500	沪深 300	上证 50
小于-5%	0.57%	2.04%	1.80%
[-5%, -3%]	1.47%	3.84%	3.68%
[-3%, 3%]	96.36%	89.13%	88.43%
[3%, 5%]	1.14%	4.17%	5.11%
大于 5%	0.41%	0.78%	0.94%

资料来源: Wind 资讯, 中信证券衍生品经纪业务部

图 22 : 标普 500、沪深 300 日收益率排序后对比 (2006.1.5-2016.1.28)



资料来源: Wind 资讯, 中信证券衍生品经纪业务部

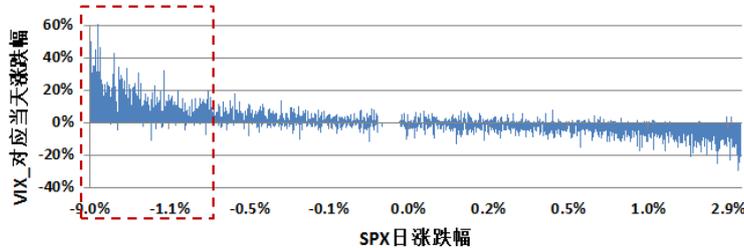
市场的极端下跌，对金融资产组合造成的风险主要有两个。一是资产价格会显著下跌，使多组合承受亏损；二是各种产品的相关性会显著增强，削减资产之间的相对收益。对于这两类风险，VIX 类产品均能起到对冲效果，具体如下：

(一) 对冲资产价格下跌风险

VIX 与主要指数之间的负相关关系比较稳定，在市场出现极端下跌风险时，VIX 往往会大幅升高。如图 23 所示，我们对 SPX 日收益率由下跌至上涨进行排序，比较对应的 VIX 日

涨跌幅，不难发现，在 SPX 下跌时，VIX 大概率会上涨，同时，SPX 跌幅越高，相应的 VIX 涨幅越大，二者之间负相关性显著而且稳定。不仅如此，二者之间的负相关性还具有非线性的特点，随着 SPX 跌幅扩大，“VIX 涨幅/SPX 跌幅”的比值会同步增长。

图 23：SPX 日涨跌幅排序后，同 VIX 对应涨跌幅对比 (2006.1.4-2016.1.28)



资料来源：Wind 资讯，中信证券衍生品经纪业务部

利用 VIX、SPX 之间“非线性负相关”的特点，相比于线性对冲手段（卖空股指期货、看跌期权多头），VIX 对极端下跌风险的对冲效果更好，而且成本更低。这是因为，股票组合添加 VIX 多头产品对冲后，在市场上涨时，VIX 多头产品会在相对小的区间内保持震荡，不会蚕食组合收益，而市场发生极端下跌风险时，VIX 陡然增加，获得的收益能够弥补股票组合的损失；同时，由于非线性特征，较小仓位的 VIX 多头产品，在市场极端下跌时，就能获得较大的收益，实现对冲效果，从而使对冲成本较低。这些都是线性对冲手段实现不了的功能。

2015.12.29-2016.1.15，SPX 大幅下跌了 9.5 个百分点。在表 15 中，我们对比了 VIX 类产品对该极端下跌风险的对冲效果。不难发现，如果目标是完全对冲，那么 VIX 当月期货合约需要占用大约 6.5% 的资金，而采用杠杆更高的 VIX 平值认购期权（2015.12.29，VIX 当月期货收盘点数为 17.48，VIX 期权宜采用期货定价），则占用的资金比例可以降低至不到 1%。

表 15：VIX 类产品对冲效果对比 (2015.12.29-2016.1.15)

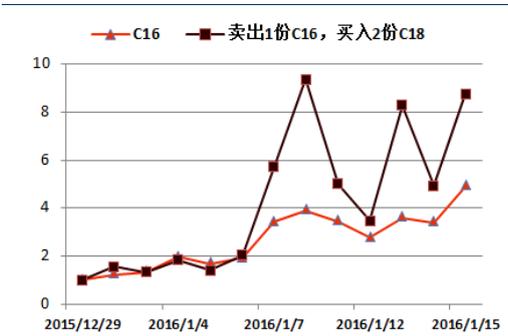
	SPX	VIX 当月期货	C16	C17	C18	C19	C20	C22	C24	C26
涨跌幅	-9.5%	51.5%	390.9%	402.8%	477.5%	438.5%	530.0%	488.5%	391.7%	306.3%
对冲全部风险所需资金占 SPX 比例		6.48% (35% 保证金比例)	0.85%	0.83%	0.70%	0.76%	0.63%	0.68%	0.85%	1.09%

资料来源：Bloomberg，中信证券衍生品经纪业务部。注：表格中 4-11 列，表示 2016.1.20 到期的 VIX 认购期权

进一步，考虑到 VIX 的变化往往比较剧烈，当市场发生极端下跌风险时，VIX 的涨幅可能有几倍之多。既然目标是对冲极端下跌风险，而市场出现极端下跌时，VIX 的会涨至是原有的数倍，因此，投资者可以采用“比率价差”（“买入深度虚值、卖出平值看涨 VIX 期权，并且调整买卖比例，使成本尽可能低），进一步降低资金占用比例，优化对冲效果。如图 24 所示，同样是完全对冲，VIX 看涨比率价差组合的资金占用，大约只有单纯买入平值看涨期权的一半。

CBOE 在 2006 年推出了跟踪“买入 VIX 期权对冲 SPX 现货风险”的策略指数 VXTH。该指数的具体策略是，买入当月 Delta=0.3 的看涨 VIX 期权，如果“15%<VIX 远期值<30%”，那么采用 1% 的仓位买入期权；如果“30%<VIX 远期值<50%”时，那么就将 VIX 期权仓位调整至 0.5%，其他情况下空仓。该指数自 2006.3.31 发布起至 2016.1.26，其净值高于 SPX，具体如图 25 所示，但是，如果刨除 2008 年，以 2009 年为计算起点，那么 VXTH 的净值低于 SPX。

图 24 “买入 C16”、“卖出 1 份 C16 买入 2 份 C18”净值对比 (2015.12.29-2016.1.15)



资料来源: Bloomberg, 中信证券衍生品经纪业务部。注: 图中 C16, 表示 2016.1.20 到期的行权价为 16 的 VIX 认购期权

图 25 : SPX、VXTH 收盘净值对比 (2006.3.31-2016.1.26)



资料来源: Bloomberg, 中信证券衍生品经纪业务部

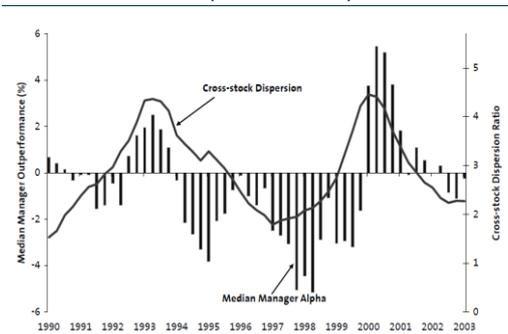
(二) 对冲相关性风险

市场出现“极端下跌风险”时，资产价格下跌只是其中一个风险，影响更大的风险因素是，各种资产之间的“正常”相关关系会被破坏，它们之间的相关性大概率会增加，这对资产组合会造成两方面影响。

首先，原本负相关性的资产，在极端下跌的大环境下，相互之间的关系很可能会变为正相关，出现同步下跌。投资者利用负相关性资产构建的投资组合，本来是希望组合中各资产涨跌能够互补、从而能够对冲风险，但是由于其各项参数都是根据“正常”市场数据测算得到，对极端情况考虑不足，在极端下跌的市场大环境中，组合中各资产的相关性由负变正，出现所有资产同步下跌的情况，最终导致亏损较大，风险对冲失败。

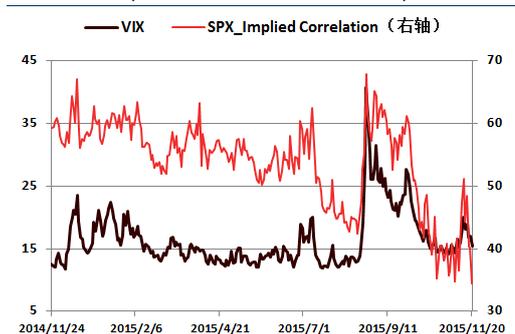
其次，相关性同股票组合的 Alpha 收益有直接关系。当个股之间的相关性较高时，它们各项因子之间的差异会减小，选出能够跑赢大盘、具有 Alpha 收益个股的难度加大；而且，相关性增强时，个股之间的相对收益会缩减。这两个因素导致相关性、组合的 Alpha 收益之间存在负相关性。

图 26 : 美国基金经理超额收益率中位数与股票收益率离差的关系 (1990-2003)



资料来源: CBOE。注: “股票收益率离差”为“cross-stock dispersion”

图 27 : VIX、SPX Implied Correlation Index 收盘价对比 (2014.11.24-2015.11.20)



资料来源: CBOE, 中信证券衍生品经纪业务部

我们参考了 1990-2003 年，美国基金经理超额收益的中位数，与股票收益率离差 (cross-stock dispersion) 之间的关系，如图 26 所示，两者之间具有显著的正相关关系，而“离差”与“相关性”之间是负相关的关系，所以，市场数据证明了“相关性”同 Alpha 之间，存在负相关性，前者是后者的风险之一。另外，需要注意的是，投资者计算股票市场

整体的“相关性”，其结果会受具体算法影响，并且具体采用个股还是指数作为计算标的，也会影响到最终结果。“相关性”的不同算法之间的差异，须要引起投资者的重视。

投资者可以采用 VIX 系列产品对冲相关性风险。虽然普通的金融产品很难跟踪“相关性”，但是 VIX 指数却能实现较好的跟踪效果。如图 27 所示，利用 SPX 成份股的期权价格计算得到的 SPX Implied Correlation 同 VIX 走势的一致关系较显著。这意味着，通过交易 VIX 系列产品，可以对冲相关性风险，从而降低组合绝对收益的波动率。

择时因子

VIX 指数能够反映市场情绪，从而间接反映投资者对金融资产的需求，如果 VIX 较低，则表明投资者比较乐观，风险偏好较强，购买金融资产的需求相对更强烈，对资产价格是利好；相反，VIX 较高说明投资者恐慌情绪浓厚，持有现金的意愿更强，对资产价格是利空。因此，VIX 能够对资产价格的走势提供有价值的信息，起到一定的择时作用。具体而言，VIX 的择时作用可以通过两种途径实现。

首先，VIX 能够被直接用来择时指数。如图 28 所示，VIX 的高点、SPX 的反转点，二者的同步性很高。每当 VIX 涨幅超过一定范围，或者 VIX 出现冲高回落的走势，那么 SPX 指数很可能会从低点反转。投资者可以利用这个特征，根据“VIX 涨幅是否突破 SPX 标准差的一定倍数”、“VIX 的短期均线是否上穿长期均线”、“VIX 是否突破长期均值”等准则，构建基于 VIX 的择时策略。

图 28：VIX 高点、SPX 反转点对应关系（2014.1.2-2014.12.31）



资料来源：Wind 资讯，中信证券衍生品经纪业务部

其次，VIX 可以被用作“多因子模型”中反映市场情绪的因子。除了 VIX 之外，三大类“市场情绪因子”也曾经被提及。一类是利用价格数据，判断资产估值的相对高低，估值高则意味着市场情绪高涨，相反则表明市场较保守，这其中比较典型的是“PE 因子”；第二类是利用资产价格的相对关系，比如信用债、国债利差，通过低评级资产的“溢价”来反映市场情绪；第三类是利用价格时间序列数据，比如“市场连续上涨则反映情绪高涨、连续下跌就意味着风险偏好增加”。这些指标虽然对市场情绪有一定代表作用，但是它们都属于间接指标，而 VIX 是更直接的“市场情绪因子”。所以，采用 VIX 作为多因子模型的输入，可以减少干扰因素，使模型的效率更高。

另外，VIX 是利用期权数据计算得到的指数，几乎没有采用现货数据。只有从不同类型数据中得到的指标，才能够从根本上提供新信息，因此，VIX 同其他由现货数据得到的择时因子之间，存在一定正交关系，能够提供新信息。添加 VIX 至多因子模型，能够减少因子之间的共线性影响，提高原模型的拟合效果，进而提高模型的预测能力。

对冲其他风险

除去上文中提及的六种作用，VIX 还可以对其他两类风险进行对冲：一是信用风险，二是交易成本风险。

信用风险主要指市场中债务实体出现违约的风险。我们知道，CDS 的溢价率（CDS spread）是信用风险的直接反映，当它较高时，说明投资者需要付出更多的成本，才能够获得对违约的补偿，也就意味着市场对违约概率的预期较高。我们利用北美投资级实体 CDS 平均指数（CDX NA IG）反映全市场的预期信用风险，根据图 29 所示，该指数同 VIX 的相关性较强，这表明，VIX 同市场信用风险呈正相关关系。相比于 CDS，VIX 系列产品的流动性更好，而且份额更小，为投资者提供了更加便利的对冲信用风险手段；而且 CDS 存在交易对手违约风险（例如 2008 年，很多 CDS 没有支付应付赔偿），而 VIX 类产品的违约风险较小。

另外，当市场恐慌时，各种资产的买卖价差会扩大，导致投资者的交易成本增加。研究表明，VIX 与资产的平均买卖价差之间也存在正相关关系，因此，投资者也可以利用 VIX 类产品，对冲交易成本大幅增加的风险。

图 29：北美投资级实体 CDS 平均指数、VIX 对比（2010.2.5-2016.1.29）



资料来源：Bloomberg，中信证券衍生品经纪业务部。注：“北美投资级实体 CDS 平均指数”名称为“CDX NA IG”

结论：划时代的金融创新

人类在认识客观规律、改造物质世界时，最常采用的方式就是在已知事物上做文章，构成“改良的已知事物”，从而推动生产力发展，促使社会进步。然而，对我们的社会贡献最大的，并不是改良的已知事物，而是对未知事物的全新认识。“VIX 指数”正是被全新认识的未知事物之一。

1973 年起，标准化的期权合约开始在 CBOE 挂牌交易，由于期权类衍生品交易量不断放大，使得波动率的重要性与日俱增，进而激发了市场对交易波动率的庞大需求。这些不同以往的新颖交易需求，最终促使前无古人的全新金融创造——VIX 横空出世。

一经问世，VIX 就展现了强大的生命力，市场发现由于它性质独特，所以至少具有六项无与伦比的投资作用。VIX 能够以最低的资金占用、最小的副作用，实现交易波动率、对冲波动率风险的效果；可以对冲市场在极端下跌环境中，产生的价格下跌、相关性增强的风险；并且卖出 VIX 是一种良好的持有型资产，能够增强组合收益；另外，VIX 还能够起到择时、对冲信用风险等效果。这些都是令传统金融产品望尘莫及的投资作用，VIX 大大拓展了投资的外延，促进了现代金融业的发展。

VIX 本身也处在持续性的创新当中。2003 年，CBOE 利用无模型的隐含波动率计算方法，改良 VIX 的算法。在此之后，VIX 期货、期权相继被推出，以不同资产价格为标的的波动率指数层出不穷，并且各种基于 VIX 的、功能各异的 ETPs 也相继出现。这些产品深受投资者欢迎，目前，VIX 期货、期权的日均成交量稳定在 20 万张、55 万张附近，相关 ETPs 的规模也举足轻重。VIX 类产品获得的耀眼成就，使 CBOE 为它而骄傲，在“VIX White Paper”中，CBOE 将 VIX 描述为“the most successful product in CBOE history”。VIX 本身的快速发展，从另一个角度印证了 VIX 的价值。

如果我们从数学的角度阐释 VIX 的价值，那么股票可以看成是标的随机变量，期权实现了交易随机变量的导数，某些奇异期权（Asian Option）实现了交易随机变量的积分，而 VIX 系列产品则实现了对随机变量高阶矩的交易。从数学领域的角度理解，VIX 创造了新的投资维度。

VIX 的影响力甚至突破了金融领域，它可以反映大众对社会变化的预期，比如美国大选期间，如果 VIX 高企，就说明大众对总统变更的预期较高。很多普通人在面对可能发生的社会变化之前，会下意识的参考 VIX 指数，判断变化发生的概率。从这个角度讲，VIX 已经嵌入社会的思想范畴，构成意识形态的一部分。

本报告为投资者打开一扇窗户，方便大家窥见 VIX 众多投资功能的冰山一角。VIX 的意义已经远远超越了一个单纯的市场指数，它对现代金融业的影响是巨大的。可以说，VIX 作为具有划时代意义的金融创新，实至名归。

附录 1 : VIX 公式的证明

VIX 与方差互换

VIX 计算原理的灵感来源，是“方差互换”产品。方差互换是基于年化已实现方差的互换合约。具体而言，如果在 0~T 时间内，约定资产的年化已实现方差为 σ_T^2 ，那么按照以 K_{var} 为固定方差、单位方差名义本金为 N 的互换合约，其到期收益为：

$$(\sigma_T^2 - K_{var}) \cdot N \quad (\text{附 1.1.1})$$

不难看出，方差互换合约本身的价值 P 应当为其期望到期收益的折现：

$$P = E(\sigma_T^2 - K_{var}) \cdot e^{-rT} \cdot N = N \cdot e^{-rT} \cdot E(\sigma_T^2) - N \cdot e^{-rT} \cdot K_{var} \quad (\text{附 1.1.2})$$

根据上式，通过选择固定方差 K_{var} ，我们可以使方差互换合约的价值 P 等于零，那么这个被选定的固定方差就应当等于 0~T 时间内方差 σ_T^2 的期望值：

$$P = 0 \rightarrow K_{var}^* = E(\sigma_T^2) \quad (\text{附 1.1.3})$$

VIX 是市场对未来 30 天的预期波动率，在风险中性且不存在套利机会的条件下，它等于期望方差 $E(\sigma_T^2)$ 的平方根，因此，VIX 可以被表示为：

$$VIX = \sqrt{K_{var}^*} = \sqrt{E(\sigma_T^2)} \quad (\text{附 1.1.4})$$

我们已经建立了 VIX 和 $E(\sigma_T^2)$ 之间的关系，接下来，我们面临的问题就是如何计算“期望方差”。我们知道，金融资产价格序列 $\{S_T\}$ 是一个随机过程，它的每一个差分 $(S_t - S_{t-\Delta})$ 都是一个随机变量，并且有：

$$S_T - S_0 = (S_T - S_{T-\Delta}) + (S_{T-\Delta} - S_{T-2\Delta}) + \dots + (S_\Delta - S_0) \quad (\text{附 1.1.5})$$

假设 $(S_t - S_{t-\Delta})$ 的方差为 $\sigma^2(t)$ ，且 $(S_t - S_{t-\Delta})$ 同 $(S_{t-\Delta} - S_{t-2\Delta})$ 互相独立，那么当时间间隔为 Δ 时， $(S_T - S_0)$ 的年化方差为：

$$\sigma_{T,\Delta}^2 = \frac{1}{T} \cdot \text{Var}(S_T - S_0) = \frac{1}{T} \cdot \text{Var}((S_T - S_{T-1}) + (S_{T-1} - S_{T-2}) + \dots + (S_1 - S_0)) \quad (\text{附 1.1.6})$$

根据差分之间的独立性，可以得到：

$$\sigma_{T,\Delta}^2 = \frac{\sigma^2(T) + \sigma^2(T-\Delta) + \dots + \sigma^2(\Delta)}{T} = \frac{1}{T} \sum_{i=1}^{[T/\Delta]} \sigma^2(T-i \cdot \Delta) \quad (\text{附 1.1.7})$$

根据已实现方差的定义，当时间间隔 Δ 趋向于无穷短时， $\sigma_{T,\Delta}^2$ 收敛至真实方差 σ_T^2 ，即：

$$\sigma_T^2 = \frac{1}{T} \lim_{\Delta \rightarrow 0} \sum_{i=1}^{[T/\Delta]} \sigma^2(T-i \cdot \Delta) = \frac{1}{T} \int_0^T \sigma^2(t) dt \quad (\text{附 1.1.8})$$

因此，方差的期望值可以表示为：

$$E(\sigma_T^2) = \frac{1}{T} \cdot E\left(\int_0^T \sigma^2(t) dt\right) \quad (\text{附 1.1.9})$$

令积分项 $\int_0^T \sigma^2(t) dt = V$ ，附 1.1.9 式可以表示为：

$$E(\sigma_T^2) = \frac{1}{T} E(V) \quad (\text{附 1.1.10})$$

根据资产价格变化满足几何正态分布，我们知道有如下关系成立：

$$\frac{dS_t}{S_t} = \mu(t)dt + \sigma(t)dZ_t \quad (\text{附 1.1.11})$$

其中， Z_t 为标准布朗运动。根据伊藤引理 (Ito's lemma)， S_t 的函数 $\ln(S_t)$ ，其微分满足：

$$d[\ln(S_t)] = \left[\mu(t) - \frac{\sigma^2(t)}{2} \right] dt + \sigma(t)dZ_t \quad (\text{附 1.1.12})$$

“附 1.1.12”与“附 1.1.11”相减，可得：

$$\frac{dS_t}{S_t} - d[\ln(S_t)] = \frac{\sigma^2(t)}{2} dt \quad (\text{附 1.1.13})$$

代入“ $\int_0^T \sigma^2(t) dt = V$ ”，可得 V 为：

$$V = 2 \int_0^T \left[\frac{dS_t}{S_t} - d[\ln(S_t)] \right] = 2 \int_0^T \left[\frac{dS_t}{S_t} \right] - 2 \int_0^T d[\ln(S_t)] \quad (\text{附 1.1.14})$$

由于 $\int_0^T d[\ln(S_t)] = \ln(S_T) - \ln(S_0) = \ln\left(\frac{S_T}{S_0}\right)$ ，所以进一步，我们得到：

$$V = 2 \int_0^T \left(\frac{dS_t}{S_t} \right) - 2 \ln\left(\frac{S_T}{S_0}\right) \quad (\text{附 1.1.15})$$

附 1.1.16 中，第一项“ $\int_0^T \left(\frac{dS_t}{S_t}\right)$ ”的经济学含义是资产价格在时间 $[0, T]$ 内的累积收益率，在风险中性世界中，资产价格的收益率的期望应当等于无风险收益，因此：

$$E \left[\int_0^T \left(\frac{dS_t}{S_t} \right) \right] = rT \quad (\text{附 1.1.16})$$

结合附 1.1.10、附 1.1.15 与附 1.1.16， σ_T^2 的期望值可以表示为：

$$E(\sigma_T^2) = \frac{2}{T} \cdot rT - \frac{2}{T} \cdot E \left[\ln\left(\frac{S_T}{S_0}\right) \right] \quad (\text{附 1.1.17})$$

因此，如果我们找到一篮子资产组合，使其到期时的期望收益等于 $E \left[\ln\left(\frac{S_T}{S_0}\right) \right]$ ，那么将附 1.1.17 式的第二项替换为该资产组合的现价，就可以得到期望方差的值。

分解收益函数

在推导期望方差的具体公式之前，我们先证明一个引理，即任何存在二阶导数的函数 $f(S)$ ，都可以作如下分解：

$$f(S) = f(K^*) + f'(K^*)(S - K^*) + \int_{-\infty}^{K^*} f''(K) \max(K - S, 0) dK + \int_{K^*}^{+\infty} f''(K) \max(S - K, 0) dK \quad (\text{附 1.2.1})$$

我们作分类讨论，当 $S \geq K^*$ 时，存在：

$$\int_{K^*}^{+\infty} f''(K) \max(S - K, 0) dK = \int_{K^*}^S f''(K)(S - K) dK \quad (\text{附 1.2.2})$$

$$\int_{-\infty}^{K^*} f''(K) \max(K - S, 0) dK = 0 \quad (\text{附 1.2.3})$$

对附 1.2.2 式进一步展开:

$$\begin{aligned} \int_{K^*}^S f''(K)(S - K) dK &= \int_{K^*}^S (S - K) d(f'(K)) = f'(K)(S - K) \Big|_{K^*}^S - \int_{K^*}^S f'(K) d(S - K) \\ &= f'(K)(S - K) \Big|_{K^*}^S + \int_{K^*}^S f'(K) d(K) = -f'(K^*)(S - K^*) + f(S) - f(K^*) \quad (\text{附 1.2.4}) \end{aligned}$$

因此, 当 $S \geq K^*$ 时, 我们得到:

$$\int_{K^*}^S f''(K)(S - K) dK = -f'(K^*)(S - K^*) + f(S) - f(K^*) \quad (\text{附 1.2.5})$$

$$\int_{-\infty}^{K^*} f''(K) \max(K - S, 0) dK = 0 \quad (\text{附 1.2.6})$$

将以上附 1.2.5、附 1.2.6 两式代入附 1.2.1 式, 不难发现, 它们恰好可以使附 1.2.1 式左右两侧相等; 类似地, 当 $S < K^*$ 时, 我们也可以证明附 1.2.1 式左右两侧相等。因此, 我们证明了, 对于任意 S , 附 1.2.1 式均成立。

推导期望方差

在附录 1 的第一节中, 我们将计算期望方差, 转化为计算 $\ln\left(\frac{S_T}{S_0}\right)$ 的值。本节中, 我们根据已有结果, 推导该值。为了方便计算, 我们先做如下变换:

$$\ln\left(\frac{S_T}{S_0}\right) = \ln\left(\frac{S_T}{K^*}\right) + \ln\left(\frac{K^*}{S_0}\right) \quad (\text{附 1.3.1})$$

$$E\left[\ln\left(\frac{S_T}{S_0}\right)\right] = E\left[\ln\left(\frac{S_T}{K^*}\right)\right] + \ln\left(\frac{K^*}{S_0}\right) \quad (\text{附 1.3.2})$$

其中 K^* 为我们事先选定的值, 是确定的量, 不含随机成份, 因此附 1.3.1 式中第二项 $\ln(K^*/S_0)$ 是确定量。根据“分解收益函数”一节, 我们可以对 $\ln(S_T)$ 作如下分解:

$$\ln(S_T) = \ln(K^*) + \ln'(K^*)(S_T - K^*) + \int_{-\infty}^{K^*} \ln''(K) \max(K - S_T, 0) dK + \int_{K^*}^{+\infty} \ln''(K) \max(S_T - K, 0) dK \quad (\text{附 1.3.3})$$

将相应导数代入附 1.3.3 式, 我们得到:

$$\ln\left(\frac{S_T}{K^*}\right) = \frac{S_T - K^*}{K^*} - \int_{-\infty}^{K^*} \frac{1}{K^2} \max(K - S_T, 0) dK - \int_{K^*}^{+\infty} \frac{1}{K^2} \max(S_T - K, 0) dK \quad (\text{附 1.3.4})$$

对附 1.3.4 左右两侧同时做期望运算：

$$E\left[\ln\left(\frac{S_T}{K^*}\right)\right] = \frac{E(S_T)}{K^*} - 1 - \int_{-\infty}^{K^*} \frac{1}{K^2} E[\max(K - S_T, 0)] dK - \int_{K^*}^{+\infty} \frac{1}{K^2} E[\max(S_T - K, 0)] dK \quad (\text{附 1.3.5})$$

在风险中性的条件下，附 1.3.5 式第一、三、四项中的期望部分，分别是资产价格、认沽期权、认购期权三者各自的“远期价格”，即：

$$E(S_T) = S_0 \cdot e^{rT} \quad (\text{附 1.3.6})$$

$$E[\max(K - S_T, 0)] = P(K) \cdot e^{rT} \quad (\text{附 1.3.7})$$

$$E[\max(S_T - K, 0)] = C(K) \cdot e^{rT} \quad (\text{附 1.3.8})$$

将附 1.3.6、附 1.3.7 与附 1.3.8 三式，代入附 1.3.5 式：

$$E\left[\ln\left(\frac{S_T}{K^*}\right)\right] = \frac{S_0 \cdot e^{rT}}{K^*} - 1 - \int_{-\infty}^{K^*} \frac{1}{K^2} P(K) \cdot e^{rT} \cdot dK - \int_{K^*}^{+\infty} \frac{1}{K^2} C(K) \cdot e^{rT} \cdot dK \quad (\text{附 1.3.9})$$

将附 1.3.9 代入附 1.3.2，得到：

$$E\left[\ln\left(\frac{S_T}{S_0}\right)\right] = \frac{S_0 \cdot e^{rT}}{K^*} - 1 - \int_{-\infty}^{K^*} \frac{1}{K^2} P(K) \cdot e^{rT} \cdot dK - \int_{K^*}^{+\infty} \frac{1}{K^2} C(K) \cdot e^{rT} \cdot dK + \ln\left(\frac{K^*}{S_0}\right) \quad (\text{附 1.3.10})$$

我们将附 1.3.10 代入“VIX 与方差互换”一节中的附 1.1.17 式，最终得到期望方差公式的完整形式：

$$E(\sigma_T^2) = \frac{2}{T} \left[rT - \left(\frac{S_0}{K^*} e^{rT} - 1 \right) + \ln\left(\frac{S_0}{K^*}\right) \right] + \frac{2}{T} \cdot e^{rT} \cdot \left[\int_0^{K^*} \frac{1}{K^2} P(K) dK + \int_{K^*}^{+\infty} \frac{1}{K^2} C(K) dK \right] \quad (\text{附 1.3.11})$$

简化期望方差公式

VIX 并没有直接采用附 1.3.11 式计算期望方差，而是利用泰勒展开，对其做了一定的简化。泰勒展开并忽略高阶项后，我们有如下近似关系：

$$e^{rT} = 1 + rT \quad (\text{附 1.4.1})$$

$$\ln\left(\frac{S_0}{K^*}\right) = \ln\left(1 + \frac{S_0 - K^*}{K^*}\right) = \left(\frac{S_0 - K^*}{K^*}\right) - \frac{1}{2} \left(\frac{S_0 - K^*}{K^*}\right)^2 \quad (\text{附 1.4.2})$$

将以上两式代入附 1.3.11 式，那么第一个中括号内的项“ $rT - \left(\frac{S_0}{K^*} e^{rT} - 1\right) + \ln\left(\frac{S_0}{K^*}\right)$ ”可以简化为：

$$rT - \left[\frac{S_0}{K^*} + \frac{S_0}{K^*} \cdot rT - 1 \right] + \left(\frac{S_0 - K^*}{K^*}\right) - \frac{1}{2} \left(\frac{S_0 - K^*}{K^*}\right)^2 \quad (\text{附 1.4.3})$$

通过进一步计算，附 1.4.3 可以有更简洁的形式：

$$\left(1 - \frac{S_0}{K^*}\right) rT - \frac{1}{2} \left(\frac{S_0 - K^*}{K^*}\right)^2 \quad (\text{附 1.4.4})$$

根据表 5 及表 6, VIX 选择的 K^* 大致等于 S_0 的远期价格, 即: $K^* = S_0 \cdot e^{rT}$, 所以附 1.4.4 式的第一项可以进一步简化为:

$$\left(1 - \frac{S_0}{S_0 \cdot e^{rT}}\right) rT = (1 - e^{-rT}) rT = (1 - 1 + rT) \cdot rT = (rT)^2 \quad (\text{附 1.4.5})$$

由于 r 比较小, 因此 $(rT)^2$ 近似为零, 那么附 1.4.4 式最终可以被简化为:

$$-\frac{1}{2} \left(\frac{S_0 - K^*}{K^*} \right)^2 \quad (\text{附 1.4.6})$$

利用附 1.4.6 式替换附 1.3.11 式中第一个中括号里的部分, 得到计算预期方差公式的连续形式:

$$E(\widehat{\sigma_T^2}) = \frac{2}{T} \cdot e^{rT} \cdot \left[\int_0^{K^*} \frac{1}{K^2} P(K) dK + \int_{K^*}^{+\infty} \frac{1}{K^2} C(K) dK \right] - \frac{1}{T} \left(\frac{S_0}{K^*} - 1 \right)^2 \quad (\text{附 1.4.7})$$

对上式中的积分进行离散化处理, 最终得到 VIX 的公式:

$$E(\widehat{\sigma_T^2}) = \frac{2}{T} \cdot e^{rT} \cdot \left[\sum_{K=0}^{[K^*]} \frac{1}{K^2} P(K) + \sum_{K=[K^*]+1}^{+\infty} \frac{1}{K^2} C(K) \right] - \frac{1}{T} \left(\frac{S_0}{K^*} - 1 \right)^2 \quad (\text{附 1.4.8})$$

免责声明

本报告并非针对或意图发送给或为任何就送发、发布、可得到或使用此报告而使中信证券股份有限公司及其附属机构（以下统称“中信证券”）违反当地的法律或法规或可致使中信证券受制于相关法律或法规的任何地区、国家或其他区域的公民或居民。除非另有规定，本报告中的所有材料版权均属中信证券，未经中信证券事先书面授权，不得以任何方式修改发送或者复制本报告及其所包含的材料、内容。所有此报告中使用的商标、服务标识及标记均为中信证券的商标、服务标识及标记。

本报告是机密的，只有收件人本人才能使用。本报告所载的信息、材料或分析工具只能提供给阁下作参考之用，不是或不应被视为出售，购买或认购证券、基金或其他金融工具的要约或要约邀请。中信证券也不因收件人收到本报告而视其为中信证券的客户。

本报告只供一般参考之用，并未在任何司法管辖区交付登记，其内容亦未经任何司法管辖区的任何监管机构审核。本报告所载资料不构成：（1）具有约束力的法律协议；（2）法律、监管、税务、会计或其他建议；（3）买卖任何基金份额或与中信证券管理或建议的投资组合挂钩或其所包含的任何证券、商品、金融票据或衍生品的要约、推荐或招揽；或（4）订立任何其他交易的要约。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。

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。