

# 结构化产品构建模式研究

## ——基于 Delta 动态对冲策略的实证分析

马子舜<sup>1,2</sup>

(1.中国中投证券有限责任公司博士后科研工作站,广东深圳 518043)

(2.英国纽卡斯尔大学,纽卡斯尔 NE17RU)

**摘要:**结构化产品是将基础金融资产与期权类衍生品相结合的一类金融创新产品,其核心技术为通过期权对产品的收益风险结构进行重组,并对不同结构下的收益进行差异化定价和风险对冲,是目前金融工程运用的主要方向之一。发行结构化产品本质上属于中低风险的资本中介业务,发行者不以判断市场未来走向为盈利手段,而是运用期权对产品风险进行精准化对冲,实现市场中性,获取产品定价与对冲费用之间的差额收益。因此发行结构化产品的核心竞争力在于产品的定价和风险对冲。本研究从产品发行者的视角出发,运用 BS 模型下的 delta 动态对冲策略对结构化产品的设计、定价和风险对冲进行全面分析,并结合历史数据对目前市场中两类主流的结构化产品构建模式(价差期权模式和障碍期权模式)的对冲成本、资金占用率、产品预期收益率、最大回撤等指标进行实证测算,从而得出能为产品发行者带来相对稳定盈利空间的结构化产品执行方案,为结构化产品管理人设计和发行相应产品提供理论依据和实证支持。

**关键词:**结构化产品;期权定价;delta 对冲

中图分类号:F830.9 文献标识码:A 文章编号:1009-3540(2015)10-0018-0006

### 一、结构化产品构建模式研究

#### (一)产品构建原理

结构化产品的构建包含三个基本要素,基础资产、挂钩标的资产和衍生品合约。其中基础资产一般选择固定收益类资产,对本金形成一定的保护,挂钩标的资产则涉及权益类资产、外汇、利率、商品等各类风险资产,衍生品合约大多是各类场内外期权合约。广义的结构化产品的结构有如下三大类:(1)固定收益类资产+期权;(2)权益类资产+期权;(3)基础资产+收益互换。其中第一种结构在国内使用最多,包括商业银行结构化理财产品、基金子公司专户产品、券商收益凭证等,可视为狭义的结构化产品,也是本研究的关注重点。

结构化产品的基本构建原理是量化保本策略 CPPI/VPPI。CPPI/VPPI 是国际通行的一种投资组合保险策略,具体策略可以概括为三大步骤:第一步,根据投资组合期末最低目标价值和相应的折现率计算当前应持有的保本资产数量,即价值底线;第二步,计算投资组合当前净值超过价值底线的数额,该数值等于安全垫;最后,将相当于安全垫特定倍数的资金规模投资于风险资产(如股票)以创造高于最低目标价值的浮动收益,剩余资产则投资于保本资产以在期末实现最低目标价值。

对于“固定收益类资产+期权”的结构化产品,产品管理人在募集到资金之后,扣除管理费、托管费等费用

之后的大部分资金将投资于保本资产-固定收益类资产,剩余小部分资金购买风险资产-期权。相对于股票类风险资产,期权存在高杠杆特性,相当于自带风险乘数,因此使用期权能够大幅降低产品投资于风险资产的数量,从而提高资金使用效率。具体而言,在给定产品管理人保本资产收益率  $r_0$ 、产品保本收益率  $r_{fx}$ 、产品期限  $T$  的条件下,产品安全垫等于:

$$1 - \frac{1 + r_0 \times \frac{T}{365}}{1 + r_{fx} \times \frac{T}{365}} \quad (1)$$

假设单个期权(对应单个标的资产)的构建成本为  $c$ ,发行日标的资产的基准价格为  $s_0$ ,收益参与率为  $\beta$ ,则构造期权总成本占产品发行规模的比例为  $\frac{c \times \beta}{s_0}$ ,由于安全垫是发行结构化产品能够获取的最大可能收益,因此构建期权成本必须低于产品安全垫,发行才可能有盈利空间,即满足式(2):

$$\frac{c \times \beta}{s_0} < 1 - \frac{1 + r_0 \times \frac{T}{365}}{1 + r_{fx} \times \frac{T}{365}} \quad (2)$$

$c/s_0$  代表期权的杠杆倍数,式(2)表明发行者在使用期权构造产品时应当确保期权杠杆倍数不低于产品杠杆倍数下限( $\beta$ /安全垫),发行产品才有盈利空间。利用这一结论,在制定期权构造方式的情况下,结构化产品的发行者只需通过比较该期权杠杆倍数与产品杠杆

**作者简介:**马子舜(1984-),男,甘肃张掖人,英国纽卡斯尔大学,博士,中国中投证券有限责任公司博士后科研工作站,博士后,研究方向:金融工程。

倍数下限之间的大小,即可对产品发行的盈利性做出判断。

对于结构化产品期限  $T$  的选择,发行者存在以下两方面考虑。一方面,发行者保本资产收益率与产品期限成正相关,即更长的期限一般能够获得更高的收益率;另一方面,由于投资者对挂钩标的的走势预判往往具有一定的期限,期限过短则无法充分体现资产发展趋势,期限过长会使得预判的难度明显增加。从 2013 年以来各券商和基金子公司发行的结构化产品来看,其采用的期限大多为 90~180 天,预计未来结构化产品的期限 3~6 个月将依然是主流期限。

表 1 列出了 3 个月期,在不同发行者保本资产收益率和产品保本收益率组合下计算的产品安全垫大小。由于在当前货币基金收益率逐步攀升的市场环境中,投资者往往在货币基金投资上可以获得超过 5% 甚至 6% 的收益,结构化产品如果不能实现同等程度的本金保护,将在产品募集时遭遇较大的压力。因此综合考虑目前货币市场利率中枢位于 3%~4%,发行者保本资产收益率(两融资产、约定式购回、股票质押式回购业务等)在 6%~7%,3 个月期结构化产品保本收益率的合理区间应在 4%~5%,与此对应的结构化产品安全垫为 1.5% 左右,产品构建的杠杆下限为 53 倍左右。

表 1 3 个月期产品安全垫估算(年化%)

产品保本收益率	发行者保本资产收益率				
	6%	6.5%	7%	7.5%	8%
2%	3.94	4.43	4.92	5.40	5.89
2.5%	3.45	3.94	4.43	4.91	5.40
3%	2.96	3.45	3.93	4.42	4.91
3.5%	2.46	2.95	3.44	3.93	4.42
4%	1.97	2.46	2.95	3.44	3.92
4.5%	1.48	1.97	2.46	2.95	3.43
5%	0.99	1.48	1.97	2.46	2.94
5.5%	0.49	0.98	1.48	1.96	2.45
6%	0.00	0.49	0.98	1.47	1.96
6.5%	-0.49	0.00	0.49	0.98	1.47
7%	-0.99	-0.49	0.00	0.49	0.98

数据来源:中投证券博士后科研工作站。

## (二)产品构建模式与定价

结构化产品的收益结构主要由产品内嵌期权的属性、挂钩标的的种类以及两者的组合方式决定。纵观国内结构化产品市场的发展历程,早期商业银行发行的结构化产品多为挂钩利率、汇率的产品。2010 年随着股指期货的问世,国内券商在衍生品交易对冲技术上获得了较大提升,证券公司开始介入挂钩股权类的结构化产品的设计和定价,并与银行合作进行结构化产品的推广。2012 年底以来,证监会陆续批准多家券商进行 OTC 柜台市场试点工作,监管层对于结构化产品等创新产品的支持力度与日俱增。随着 2015 年 1 月上交所 ETF 期权的推出,以及中金所筹备的股指期货也已进入冲刺阶段,我国结构化产品对冲工具匮乏的局

面也将得到有效缓解。

从我国结构化产品模式的现状来看,券商收益凭证模式和基金专户模式是结构化产品发展的主流方向。它们主要采用的构建模式有价差期权模式和障碍触碰期权模式两大类。价差期权是欧式期权的一个组合,相对使用单一欧式期权构建产品,价差期权能够在降低构建成本的同时构建出更符合目前国内投资者的风险偏好的收益结构。以牛市价差期权组合为例,其构建方式是买入一个基于挂钩标的的执行价较低的看涨期权,同时卖出一个基于挂钩标的的执行价较高的看涨期权,收益结构如下图所示:

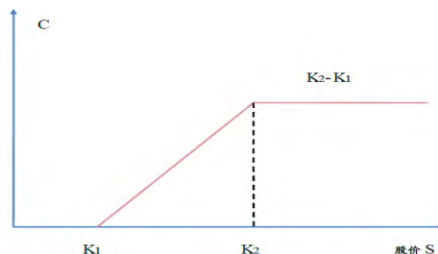


图 1 牛市价差期权组合收益结构

一般而言,投资者对于市场的判断往往集中在某一个范围之内,而预期市场较高涨幅或者较高跌幅的需求往往相对较少。从价差期权的收益结构来看,该组合的收益能有效满足投资者在  $K_1$  到  $K_2$  区间的投资判断,此外由于该组合卖出了一份期权,权利金收入可以降低组合的构建成本。

表 2 期权 BS 理论价格( $r=5\%$ ,  $T=0.5$ ,  $\sigma=30\%$ )

行权价相对于标的 现价的涨跌幅%	看涨敲出期权 理论价格 ( $c/s_0$ )	看跌敲出期权 理论价格 ( $p/s_0$ )
-15%	19.09%	1.99%
-10%	15.49%	3.26%
-5%	12.33%	4.98%
0%	9.63%	7.17%
5%	7.40%	9.81%
10%	5.59%	12.87%
15%	4.15%	16.31%

数据来源:中投证券博士后科研工作站。

表 2 测算了在不同行权价下对应的欧式看涨和看跌期权的 BS 理论价格。假设发行者使用单一欧式看涨期权  $K=10\%*s_0$  来构造收益结构,则该结构化产品的收益为:挂钩标的价格低于 10%,投资者保本;挂钩标的价格高于 10%,投资者收益为挂钩标的的收益-10%。这样的产品的收益阈值相对较高,只有挂钩标的上涨 10% 以上,产品才开始获得正收益,吸引力非常有限。根据表中的测算的理论价格,如果要保证该产品发行盈利,则在扣除产品的运营费用之后,发行者投资于保本资产的收益必须能覆盖 5.59% 的期权成本。另一方面,如果选用价差期权,例如采用买入  $K=5\%*s_0$  的欧式看涨期权同时卖出  $K=15\%*s_0$  的欧式看涨期权的构建方式,则此时结构化产品的收益为:挂钩标的涨

幅在 5% 之上, 投资者享受挂钩标的收益-5% 的浮动收益, 涨幅超过 15% 时, 投资者收益为 10%。相比前一产品, 该产品降低了浮动收益阈值, 提升了产品吸引力, 且该产品的合成成本仅为 3.25%, 大幅低于单一欧式看涨期权。

另一类主流的结构化产品构建模式是利用障碍期权。障碍期权在欧式期权的基础上引入了障碍线, 具有“路径依赖”的特征。与标准欧式期权相比, 障碍期权价格更加便宜, 能使发行者获得更高的预期收益。同时障碍期权比利用欧式期权组合构建的产品收益形式更加灵活, 能给投资者带来更多想象空间。目前券商推出的收益凭证类结构化产品绝大多数都是利用障碍敲出期权来实现的。以敲出价格为  $U$ , 行权价格为  $K_2$  的看涨鲨鱼鳍型收益凭证为例, 如果挂钩标的在产品运作期中始终未超过  $U$ , 且标的资产的到期收盘价高于  $K_2$ , 投资者就能获得挂钩标的的正相关的连续收益; 如果标的资产在运作过程中触碰或者超过了  $U$ , 或者标的资产的到期收盘价低于  $K_2$ , 投资者则获得一个较低的保本收益  $r_2$ , 收益结构如图 2 所示。

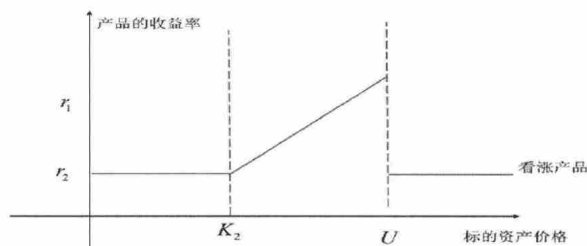


图 2 看涨鲨鱼鳍型收益凭证的收益结构

障碍期权在 Black-Scholes 定价模型下存在解析解。以看涨敲出型障碍期权为例, 一个标准的欧式期权可以分解为同一障碍线  $U$  下的看涨敲入期权和看涨敲出期权之和, 此外也可利用蒙特卡洛模拟方法得出障碍期权的理论价格。

表 3 敲出期权 BS 理论价格  
( $r=5\%$ ,  $T=0.5$ ,  $\sigma=30\%$ ,  $k=5\%*s_0$ )

障碍点 (对应 $s_0$ 涨跌幅%)	看涨敲出期权/ 标准看涨期权 价格比 (%)	看涨敲出期权 理论价格 ( $c/s_0$ )	看跌敲出期权/ 标准看跌期权 (%)	看跌敲出期权 理论价格 ( $p/s_0$ )
10%	5.61%	0.14%	10.7%	0.30%
11%	8.76%	0.21%	16.5%	0.46%
12%	12.66%	0.31%	23.6%	0.65%
13%	17.24%	0.42%	31.5%	0.87%
14%	22.38%	0.54%	40%	1.10%
15%	27.93%	0.68%	48.6%	1.34%
16%	33.74%	0.82%	56.9%	1.57%
17%	39.66%	0.96%	64.7%	1.79%
均值	29.24%	0.71%	47.7%	1.32%

数据来源: 中投证券博士后科研工作站。

表 3 测算了在行权价为  $k=5\%*s_0$  下, 不同障碍线对应的敲出期权 BS 理论价格以及于对应标准化欧式期权的价格比值。可以看出, 在同一行权价格下, 敲出

期权理论价格大幅低于标准欧式期权, 两者比值看涨方向均值为 29.24%, 看跌方向均值为 47.7%。如果使用  $U=15\%*s_0$  障碍点下的看涨敲出期权构建结构化产品, 构建理论成本仅为 0.68%, 大幅低于对应欧式看涨期权的 7.4% 和价差期权的 3.25%, 大大压缩了产品的构建成本, 提高了产品发行的预期收益。如果在此结构中加入保本收益, 例如 3%, 则该产品可以做到保证 3% 的最低收益+浮动收益 (0%~15%), 而产品的综合成本为 3.68%。相对于价差期权构建的仅保本+浮动性的结构化产品而言, 这样的产品无疑对投资者具有更大吸引力。

## 二、结构化产品风险对冲研究

### (一) 风险对冲原理

风险对冲是结构化产品设计的核心, 也是发行结构化产品利润大小的决定性因素。在 BS 模型下, 期权的价格变化可以分解为:

$$\Delta c \approx \Delta S \times \Delta + \frac{1}{2} \Delta S^2 \times \Gamma + \Delta \sigma \times \text{Vega} + \Delta t \times \text{Theta} \quad (3)$$

Delta, Gamma, Vega, Theta 为期权的 Greeks 值, 分别代表期权不同维度的风险暴露。

结构化产品的风险对冲可以分为静态对冲和动态对冲两类。静态对冲是指通过多产品组合抵消单只产品的 Greeks 值, 降低业务整体风险, 其优点是操作相对简单且 Greeks 对冲效果好, 但缺点是对冲成本较高; 动态对冲是指利用挂钩资产本身与无风险资产构建组合, 通过动态调整组合配比来复制产品期权的 Greeks 值, 对冲单个产品的价格变动风险。相对静态对冲, 动态对冲操作比较复杂, 需要在对冲策略研发、系统配备上投入较多资源, 且将直接面对一定的对冲风险, 但优点是能够通过优化对冲策略降低对冲成本, 提高发行盈利能力。

具体而言, 静态对冲主要手段包括: 购买场内标准化期权, 购买 OTC 场外期权以及多产品之间静态对冲。购买场内标准化期权的主要优势在于管理便捷、风险可控以及清算估值方便, 但劣势在于场内期权价格昂贵, 从而压缩发行产品的盈利空间。此外, 我国现行交易规则中对期权持仓限制非常严格, 以 50ETF 期权为例, 机构单个合约持仓上限为 2000 张, 对应面值约为 5000 万左右, 可能无法满足产品的规模需求; 购买 OTC 柜台期权的优势体现在期权合约形式的灵活上, 由此产生形式多样的产品收益结构, 能增加产品的吸引力, 但劣势在于购买 OTC 期权涉及到场外估值清算问题, 可能引发相应的信用风险; 多产品静态对冲的优势在于能够显著提高自有资金的使用效率, 从而提升发行产品的绝对收入。但需要产品管理人丰富自身产品线, 并且定期评估自身产品组合对冲要求, 以便主动发行能够相互抵补现有产品组合风险的产品。



动态对冲的核心原理为 Black-Scholes 模型下的 Delta 对冲法则。具体而言,根据 Black-Scholes 模型,挂钩标的 S 和期权 f 的价格都服从广义维纳过程,由于两者的价格变动都受到相同随机因子 dz 的影响,因此可以通过特定的挂钩标的加期权的组合消除该不确定性,在任意 t 时刻,该组合构成为: -1 单位期权加  $\frac{\partial f}{\partial S}$  单位挂钩标的。组合在 t 到 t+Δt 时间间隔的价值变化为:

$$\Delta \Pi = (-\frac{\partial f}{\partial t} - \frac{1}{2} \frac{\partial^2 f}{\partial S^2} \sigma^2 S^2) \times \Delta t = (-\text{Theta} - \frac{1}{2} \text{Gamma} \sigma^2 S^2) \times \Delta t \quad (4)$$

以上组合称为 Delta 中性组合,由于该组合在 Δt 间隔的价值变化非随机,因此在无套利条件下该组合在 Δt 时间内的收益为无风险收益 r。利用这一原理,产品发行人只要在产品续存期间的任意时刻 t (0 ≤ t ≤ T),通过无风险账户下资金的存储和借贷,动态调整和维持  $\frac{\partial f}{\partial S}$  份额的挂钩标的,则可对冲期权的价格变动风险。

需要指出的是,上述操作假设波动率 σ 和 Gamma 在 Δt 时段内保持恒定,但实际中 BS 模型的波动率常值假设并不成立。波动率的随机性以及 Δt 时间内 Gamma 的变动会产生额外的对冲风险。具体而言,假设在 [t<sub>i</sub>, t<sub>i+1</sub>] 时段内期权的隐含波动率为 σ<sub>i</sub>,则在该时段内持有期权的收益为:

$$\Delta c(t_i, S_i, \sigma_i) = c(t_{i+1}, S_i, \sigma_i) - c(t_i, S_i, \sigma_i) \quad (5)$$

将方程(5)用 Taylor 公式展开,并利用在 BS 方程下有  $\frac{\partial c}{\partial t} = \frac{1}{2} \frac{\partial^2 c}{\partial S^2} \sigma_i^2 S_i^2$  的替换,可以得到:

$$\Delta c(t_i, S_i, \sigma_i) = \frac{\partial c}{\partial S} \Delta S_i + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 c}{\partial S^2} S_i^2 ((\frac{\Delta S_i}{S_i})^2 - \sigma_i^2 \Delta t_i) \quad (6)$$

假设在产品存续期 [0, T] 内使用 delta 对冲策略,则持有的现货仓位为  $\frac{c(t_i, S_i, \sigma_i)}{\partial S}$ 。设调仓时间点为 0 ≤ t<sub>1</sub> < ... < t<sub>M</sub> = T, 利用方程(5),该头寸在 [0, T] 内的投资收益为:

$$\text{Max}(S_T - K, 0) - c(0, S_0, \sigma_0) - \sum_{i=0}^{M-1} \frac{1}{2} \text{Gamma} \times S_i^2 ((\frac{\Delta S_i}{S_i})^2 - \sigma_i^2 \Delta t_i) \quad (7)$$

由于 Max(S<sub>T</sub> - K, 0) - c(0, S<sub>0</sub>, σ<sub>0</sub>) 为持有期权的到期收益,因此 delta 对冲产生的额外对冲风险为:

$$\sum_{i=0}^{M-1} \frac{1}{2} \text{Gamma} \times S_i^2 ((\frac{\Delta S_i}{S_i})^2 - \sigma_i^2 \Delta t_i) \quad (8)$$

式(8)也可看作是 Gamma 风险和 Vega 风险之和。

实际操作中, Vega 风险可以通过更加精确的波动率预测方法进行降低,而 Gamma 风险则很难完全进行避免。这是由于一方面虽然通过提高调仓频率可以降低 Gamma 风险,但是调仓频率的提高会增加交易成本,此外滑点效应、交易手数必须为整数等现实问题也制约了进一步调高调仓频率的可能性;另一方面,休盘时间尤其是隔夜的价格变化是无法避免的,而这正是 Gamma 风险的主要来源。

## (二) 风险对冲实证研究

本节以当前上交所推出的上证 50ETF 场内期权为例,对结构化产品构建和风险对冲进行实证研究。表 4 列出了对应于构造 3 个月期、本金 1000 万、保本收益率为 r<sub>0</sub> 的看涨型结构化产品的 50ETF 期权的相关信息。该产品的投资者可以在 50ETF 指数上涨的情况下享受到相关的上涨收益,同时又可以在指数下跌的情况下保证获得 r<sub>0</sub> 的产品保本收益。产品到期的年化收益可以表示为:

$$R = \text{Max}(R_s - r_0, 0) + r_0 \quad (9)$$

其中 R<sub>s</sub> 为上证 50ETF 在产品期限内的收益。

从表 4 中可以看出,以 2015 年 1 月 28 日 50ETF 收盘行情为基准,无论是看涨还看跌期权,以理论价格计算的期权杠杆倍数基本都位于产品杠杆下限(以 53 倍为限)以下,而以市场价计算的杠杆倍数也同样低于产品下限值,因此若以购买场内期权的静态对冲方式发行产品,基本不存在盈利空间。

表 4 场内 50ETF 期权杠杆倍数  
(50ETF 收盘价: 2.442)

保本 收益率 r <sub>0</sub>	对应 行权价	波动率预设值								市场价格	
		20%		30%		40%		50%			
		看涨	看跌	看涨	看跌	看涨	看跌	看涨	看跌	看涨	看跌
4%	2.54	36.6	56.3	21.5	28.6	15.1	18.8	11.7	13.9		
4.5%	2.55	39.1	61.6	22.4	30.2	15.6	19.6	11.9	14.5	41.2	36.2
5%	2.56	41.9	67.4	23.3	31.9	16.1	20.5	12.2	14.9		

数据来源:中投证券博士后科研工作站。

若采用动态对冲方式发行产品,本研究选用上证 50ETF 作为现货标的进行测试。具体步骤为:使用 2012 年 1 月 28 日至 2015 年 1 月 28 日期间上证 50ETF (510050) 的样本数据,以每个交易日为起点,60 个交易日为终点的窗口,滚动发行上述产品。通过计算每个交易日产品内嵌期权的 Delta 值,调整相应的 50ETF 头寸进行对冲,并计算每个窗口对冲组合的收益和产品净值。我们对市场的交易费用、冲击成本及保本资产投资收益率等对冲参数假设如下:ETF 单边交易费用与冲击成本之和为 0.03%;融资成本为 6%;隐含波动率为 20%;融券卖空保证金的年化收益率为 0.3%;对冲频率为 1 天;对冲价格为当日最后半小时成交均价。

图 3 展示了动态对冲的实证测试结果,其中左图为 50ETF 对冲组合的收益,而右图为对冲策略成本 c/s<sub>0</sub> 的分布。可以看出,动态对冲能够基本复制产品内嵌欧式期权的收益形态,但净值的集中度稍差。特别是当 50ETF 的预期收益靠近 0 时对应的期权为平价时,复制效果较差。这是由于一方面日调仓频率的离散化产生了无法对冲的 Gamma 风险,而平价期权的 Gamma 风险最大;另一方面,实际波动率可能与动态对冲设置的隐含波动率并不一致,由于平价期权的 Vega 风险最

大,从而使得在平价附近结束的产品净值受到波动率变化的影响更大。从统计的对冲成本来看,动态对冲的总成本均值为 4.91%,对应杠杆为 20.3 倍,仍低于产品杠杆下限。上述实证表明在当前的市场环境下,无论是采用静态对冲或是动态对冲,发行内嵌单一欧式期权的结构化产品都很难盈利。

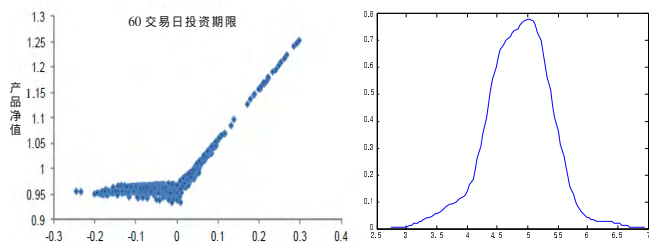


图 3 欧式看涨期权动态对冲结果

表 5 对冲成本统计分析

均值	4.9%	标准差	13.1%
最大值	6.37%	最小值	3.32%
97.5%分位数	5.65%	95%分位数	5.56%
90%分位数	5.47%	80%分位数	5.323%
中位数	4.91%		

数据来源:中投证券博士后科研工作站。

因此如果要提升发行产品的盈利空间,必须对产品内嵌期权的形式进行调整。考虑以下挂钩沪深 300 指数的障碍期权类结构化产品,该产品内嵌期权为看涨敲出期权,若在产品续存期间挂钩指数未曾经触碰障碍期权设置的障碍点,客户获得与指数同涨的浮动收益,否则期权合约失效(敲出),投资者期末只能获得保本收益。

在 Black-Scholes 模型下,障碍点收益率是障碍期权的定价和 delta 值估算的重要参数,因此障碍期权障碍点收益率的设定将直接影响到动态对冲成本,继而影响产品发行的总收益。具体而言,假设产品设定的障碍点收益率为  $r_H$ ,挂钩指数在产品到期日的收益率为  $r_T$ ,则对于看涨敲出期权而言,期权的行权概率  $P_e$  等于:

$$P_e = P(r_{\max} < r_H, r_T > r_0) \quad (10)$$

$r_{\max}$  为挂钩指数在产品续存期间的最大收益率。

根据条件概率公式有:

$$P_e = P(r_{\max} < r_H, r_T > r_0) = P(r_{\max} < r_H | r_T > r_0) \times P(r_T > r_0) \quad (11)$$

因此:

$$r_H = \inf \left\{ r_{\max} | F_{r_{\max}} > \frac{P_e}{P(r_T > r_0)} \right\} \quad (12)$$

其中  $F_{r_{\max}}$  为  $r_{\max}$  在  $P(r_T > r_0)$  条件下的条件分布函数。

图 4 给出了产品挂钩指数沪深 300 在样本期内的无条件概率分布和条件概率分布,在对应的产品保本收益  $r_0=4\%$  下的概率测算见表 6。

根据表 6 中的概率估算,若使用障碍点  $r_H=15\%$  的设置,对应的期权行权概率估算为 16.37%,即如果投

资购买该产品,在保证保本收益率 4%的基础上,能够获得浮动收益的概率仅为 16.37%。这对于发行者来说是非常有吸引力的。

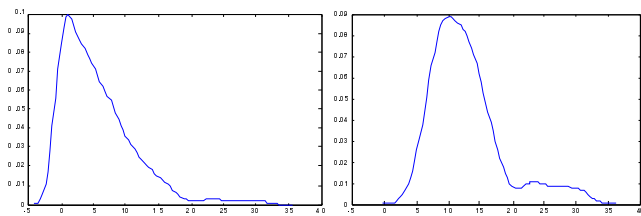


图 4 产品  $r_{\max}$  概率分布  
(左:无条件分布,右:条件分布)

表 6 障碍点行权概率估算

产品期限	行权概率	无条件概率 $P(r_T > r_0)$	条件概率 $P(r_{\max} < r_H   r_T > r_0)$	条件分位数 $r_H$
3 个月期	12%	23.81%	0.504%	11.697%
	15%	23.81%	0.629%	13.269%
	18%	24.37%	0.713%	15.781%
保本收益率 $r_0$	4%			
设定障碍点	15%			
估算行权概率	16.37%			

数据来源:中投证券博士后科研工作站。

根据设定的障碍点  $r_H$ ,研究使用沪深 300 股指期货当月连续合约在样本期内对该障碍期权进行动态对冲测试,统计对冲损益分布,并估算发行产品的预期收益水平。对冲频率为 1 天,对冲交易价格为当日收盘前半小时成交均价,如需展期,则用次月期货在展期日的收盘价来计算展期成本。

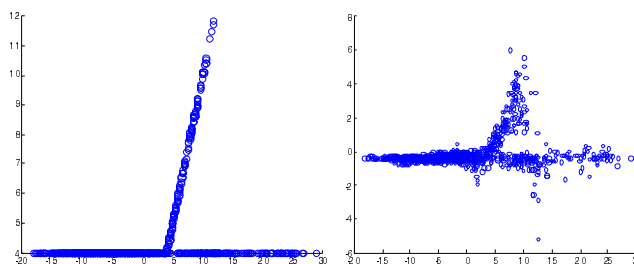


图 5 看涨敲出期权结构化产品动态对冲结果

表 7 动态复制下产品预期收益率

对冲损益均值	0.37%	标准差	0.62%
90%分位数	0.59%	中位数	0.32%
最大亏损	-5.23%	最大盈利	6.17%
敲出期权理论价格	0.42%		
产品保本收益率	盈利概率	发行产品预期收益	
4%	97.14%	1.23%	
5%	92.67%	0.88%	

数据来源:中投证券博士后科研工作站。

图 5 展示了产品对冲的实证测试结果,其中左图示为沪深 300 指数到期收益与投资者购买产品总收益的对应曲线,右图为动态对冲的损益分布。可以看出,动态对冲基本能够复制障碍期权的形态,收益率分布基本呈现出正态分布的特点,但存在一定的肥尾现象。尤其是当沪深 300 指数的到期收益靠近障碍点附近

时,动态对冲的偏差较大。这主要是由于障碍期权在障碍点的 Gamma 风险最大,因此当挂钩指数价格接近障碍线时,需要进行频繁的调仓对冲,从而加剧了市场冲击成本和价格波动的风险。此外,使用股指期货进行动态复制时需要承受基差风险,基差受到包括期现套利成本、市场情绪、期现套利水平以及卖空成本等多种因素的影响,理论上为一个随机过程,极端情况下基差的剧烈波动导致对冲净亏损。

从发行产品的收益情况来看,如果以安全垫 1.5% 的条件发行该产品,样本期内滚动发行的 700 只产品平均收益率为 1.23%,最高收益为 8.3%,产品中有 20 只出现亏损,最大亏损为-9.3%,亏损占比 2.85%。这表明以上述方式进行对冲操作平均收益率可预期,出现异常情况的可能性相对较低。

### (三) 总结

本研究使用 BS 模型下 Delta 动态对冲策略对结构化产品的构建、定价和风险对冲进行了系统性研究,并使用实盘数据对动态对冲进行测算。实证结果表明,在合理设定产品参数的基础上,delta 动态对冲策略能够对冲产品大部分的市场风险,且对冲的实际成本与理论成本相差不大。但由于欧式期权的对冲成本较高,以内嵌欧式期权发行结构化产品基本无盈利空间。而如果采用障碍敲出期权,并通过控制条件行权概率设

置相应的障碍点参数,动态对冲则可以获得较高的发行溢价,为产品管理人带来相对稳定的盈利空间。▲

### [参考文献]

- [1]A. Neuberger, S. D. Hodges. Rational Bounds on the Prices of Exotic Options[J]. London Business School, EFA Working Paper, Report no. 0280, July 2000.
- [2]J. H. Maruhn. Duality in Static Hedging of Barrier Options[J]. Optimization, 2009, 58(3): 319-333.
- [3]S. Allen, O. Padovani. Risk Management Using Quasi-static Hedging[J]. Economic Notes, 2002, 31(2): 277-336.
- [4]U. Schmock, S. E. Shreve, U. Wystup. Valuation of exotic options under shortselling constraints[J]. Finance and Stochastics, 2002, 6: 143-172.
- [5]蔡向辉.国内结构化产品市场的发展前景、问题及建议[J].新金融,2006,(10).
- [6]崔海蓉,何建敏,胡小平.结构化金融产品的最优设计与定价——基于发行者与投资者视角[J].中国管理科学,2010,(4).
- [7]刘钊.股票类结构化产品创新研究[J].证券市场导报,2008,(1).
- [8]楼栋.国内结构化产品的发展模式演变及优劣分析[R].华泰证券研究报告,2014.
- [9]姜力,刘卓君.金融工程的新主场——结构化产品系列研究[R].东兴证券研究报告,2014.

责任编辑:陈波

(校对:FGL)

(上接第 14 页)果不明显。(3)企业年金设立门槛高、程序繁琐,投资回报不如人意等,这些都影响了企业设立年金的积极性。

通过模型的数值模拟分析发现,企业年金税收优惠政策对于政府财政收入而言成本很小,而对于参与职工却可以大幅增加福利。同时,考虑到不同收入人群受到的影响,税收政策可以适当细化,激励更多的企业和个人参与企业年金,充分发挥补充养老保障的作用。(1)对于低收入人群,可增加 EEE 的选择,尽可能减少企业年金在投资环节的税、费成本,鼓励更多人参与企业年金。(2)提高企业缴费和个人缴费的免税比例,这样可以大幅下降中等收入人群的应税收入,提高企业年金的税收优惠力度。(3)简化企业年金的设立程序,如针对中小企业设立简易企业年金流程,直接购买养老投资产品。(4)统筹考虑,先提高企业年金企业缴费率的免税额度,待以企业年金为代表的补充养老保障体系发展到一定程度后,考虑逐步降低社会统筹企业缴费率。▲

### 注 释

- ①2004 年出台的《企业年金试行办法》第八条。
- ②依据北京市 2014 年社保缴费基数上限参照上一年职工月平均工资的 300% 为 14016 元,在本文的数据测算中取整为 140

00 元。

- ③企业年金每年的平均加权收益率波动较大,根据人社部发布的《2013 年全国企业年金基金业务数据摘要》,2007 年至 2013 年年平均投资收益率为 7.67%。经过实际调研企业年金的投资管理公司,长期投资回报率设为 6% 较为合适。
- ④个人所得税 6531 亿元,同比增长 12.2%。其中,工薪所得税 4092 亿元,增长 14.4%;财产转让所得税 664 亿元,增长 38%。
- ⑤全国公共财政收入 129143 亿元。

### [参考文献]

- [1]张亚琴.企业年金制度运行中的税收优惠政策问题[J].人口与经济,2008,(S1).
- [2]刘云龙,肖志光.养老金通论[M].北京:中国财政经济出版社,2012:216.
- [3]张英明,陈澎.国外企业年金税收政策研究述评[J].经济学动态,2010,(8).
- [4]高艳杰,王裕明,刘彩云.企业年金税收优惠政策成本研究文献综述[J].劳动保障世界,2012,(7).
- [5]陆解芬,侯复兴.企业年金税收优惠政策的成本研究——EET 税制下的当期税收支出分析[J].财会研究,2011,(16).
- [6]朱铭来,陈佳.中国企业年金税收优惠政策的比较与选择[J].当代财经,2007,(4).
- [7]Investment Company Institute, the Tax Benefits and Revenue Costs of Tax Deferral, 2013.

责任编辑:熊源

(校对:FGL)