



# 基于银行债券视角 对存款保险基本费率的测算

程志富<sup>1</sup>, 张孟飞<sup>2</sup>, 熊德超<sup>1,3</sup>

1 武汉大学 经济与管理学院, 武汉 430072

2 彭博资讯公司, 纽约 10025

3 长江证券股份有限公司 资金营运部, 武汉 430015

**摘要:**存款保险制度可能引发道德风险问题,即促使参保银行主动承受更大的风险。因此,建立适合的存款保险制度需要从风险管理及反映风险的保险费用的确定等方面着手,其核心工作就是存款保险费率的厘定。

常见的存款保险定价方法包括单一费率法和差别费率法,基于风险设计存款保险费率结构的差别费率法能降低银行的道德风险。RONN和VERMA结合存款保险的差别费率法和复合期权定价思路,提出存款保险价值不仅与银行资产的风险和收益有关,还可以与银行股权资本状况和存款债务建立关系。借鉴RONN和VERMA的建模思路,利用存款债务与其他普通债务的相似性及期权对角价差组合技术,建立银行资产市场价值和银行资产隐含波动率与银行普通债券价值和债券收益率的波动率之间的联立非线性方程组。利用上市银行债券数据的可得性,采用数值方法对5家国有商业银行的风险中性违约概率和存款保险基本费率进行测算。在此基础上,结合Ronn-Verma模型,得到其他10家上市银行的存款保险费率。

研究表明,在其他情况相同的条件下,违约概率和存款保险费率均与银行债券收益率的波动率正相关,债券的价格信息能够反映一定的银行存款风险;此外,3类银行中以股份制银行的存款保险费率最高,城市商业银行次之,5家国有商业银行最低,后者略高于同期央行规定的基准费率。

中国正逐步实践隐性存款保险向显性存款保险的转变,研究结果为基于债券市值给存款保险定价提供借鉴。在充分考虑实际情况的基础上,相关部门应该从实施风险差别费率、建立风险评级体系、完善风险费率措施等角度入手,为实施合适的存款保险费率制度创造有利条件。

**关键词:**存款保险费率;银行债券;对角价差组合;隐含波动率;风险中性违约概率

**中图分类号:**F831

**文献标识码:**A

**doi:**10.3969/j.issn.1672-0334.2016.06.002

**文章编号:**1672-0334(2016)06-0017-11

## 1 引言

为了进一步维护银行系统运行过程中的稳定性,2015年5月1日中国正式实施《存款保险条例》。

与此同时,央行在2015年147号文件中明确规定:将以万分之一点六的基准费率起步,逐步对所有投保银行实施差别费率。这项制度能降低银行道德风

**收稿日期:**2016-04-20 **修返日期:**2016-08-26

**基金项目:**国家自然科学基金(71401128);教育部哲学社会科学研究重大攻关项目(12JZD029)

**作者简介:**程志富,武汉大学经济与管理学院博士研究生,研究方向为固定收益证券和衍生产品定价等,代表性学术成果为“监管宽容、债务清偿结构与存款保险定价”,拟发表在2017年第3期《系统工程》,E-mail:jefchan@whu.edu.cn

张孟飞,彭博资讯公司总部高级分析师,研究方向为衍生产品定价及风险管理等,E-mail:mengfei\_zhang@hotmail.com

熊德超,长江证券股份有限公司资金营运部研究员,研究方向为固定收益与金融风险管理等,代表性学术成果为“LSM可转债定价模型及其实证研究”,发表在2011年《中国管理科学》专辑,E-mail:271071935@qq.com

险<sup>[1]</sup> (即引入存款保险制度后银行的内部治理水平变高<sup>[2]</sup>), 而实施差别费率的存款保险的一项基础性工作便是对存款保险费率的厘定。

常见的定价模型有两类, 第一类是期望损失模型, 第二类是结构化期权定价法。由于期望损失模型在对破产概率和破产损失的估计上带有明显的主观随意性, 本研究只对结构化期权定价法展开讨论。结构化期权定价模型是基于公司资产价值的期权定价模型, 为了确定模型的输入变量, 有学者尝试从银行股权视角对其进行估计。不过这一方法的弊端也是显而易见的, 首先, 对于股票价格能否反映公司基本面信息, 理论界和实务界都没有形成共识; 其次, 股票市场上存在着大量的非理性交易<sup>[3]</sup>, 股价中包含了各种噪声和市场情绪<sup>[4]</sup>, 这一点在中国无论是理论研究<sup>[5]</sup>, 还是经验证据<sup>[6]</sup>, 都表现得更为显著。基于此, 本研究另辟蹊径, 试图通过债券价格估计银行资产及其收益率的波动率, 并进而得到存款保险的价值。

## 2 相关研究评述

按照标的资产能否用于交易的标准, 期权定价模型<sup>[7]</sup>大致可分为以公司资产价值为标的的结构化模型<sup>[8]</sup>和以上市公司证券市值为标的的简约化模型<sup>[9]</sup>。MERTON<sup>[10]</sup>最早将期权定价理论应用于存款保险估值, 提出存款保险的实质是一份欧式看跌期权, 并构建出相应的结构化模型。但该模型的实证效果并不理想, 其主要原因或者是结构化模型本身存在问题, 或者是输入变量 (即银行资产价值) 的估计值不够精确。

针对第一个问题, 国外学者结合存款保险在实践中的特点, 对结构化模型进行改进。通过将破产成本设定为资产收益波动率和监管宽容的函数<sup>[11]</sup>, HWANG et al.<sup>[12]</sup>研究破产成本和关闭政策对存款保险的影响。这实际上是对经典 Merton 模型中边界条件的修正, 然而存款保险的期望不仅依赖于所设定的资产边界, 还与资产本身的分布有关, 这一点已被大量研究证实。STAUM<sup>[13]</sup>、MAO et al.<sup>[14]</sup>和吕筱宁等<sup>[15]</sup>分别讨论了系统风险的构成、免赔额与政策限制、银行破产的外部性对银行资产分布及存款保险造成的影响。不同银行之间的业务存在着极为相似甚至严重交叉等问题, 使银行间的资产分布具有较高的关联度, 忽略了这一因素就可能低估银行资产的风险<sup>[16]</sup>。由于结构化模型的输入变量难以估计, 人们自然地想到通过基于市值的简约化模型来改善存款保险的定价效果<sup>[17]</sup>。然而, 近期的相关实证研究表明, 上述两类模型在精度上并无显著差异<sup>[18]</sup>, 可见对于模型类别的选取其实无关紧要, 换言之, 问题的关键可能在于对银行资产价值的准确估计。

针对第二个问题, 人们一开始关注的是导致资产价值发生变化的潜在因素。MARCUS et al.<sup>[19]</sup>认为银行在获得存款保险以后, 其资产价值也会随之改变, 从而将这一因素纳入到结构化模型中。然而, 通

过加入新的解释变量以降低模型估计误差这一改进并未摆脱模型在输入变量赋值上的主观随意性。为了彻底克服银行资产数据不可得的问题, RONN et al.<sup>[20]</sup> (简称 RV) 在原有结构化模型的基础上, 通过添加新的约束条件, 得到一个可以同时求解银行资产价值和存款保险价值的联立方程组。其基本思路是: 将股票视为银行资产的看涨期权, 解出银行资产及其收益率的波动率, 以二者作为输入变量通过结构化模型求解出存款保险的价值。李敏波<sup>[21]</sup>借鉴 RV 方法为本土市场的存款保险定价, 但其在结论部分也强调了该模型并未在现实的任何一个经济体中得以应用。虽然 RV 模型中引入股价后, 创新性地给出了一种估计银行资产和存款保险价值的方法, 但它同时也给模型带来了一个致命的缺陷, 即模型会把股市里的噪声也视作反映银行基本面的信息, 从而使得到的存款保险费率水平被市场上起伏无定的非理性情绪所左右, 甚至扭曲。

鉴于 RV 模型的不足, 本研究尝试选择银行发行的债券而非股票来改进存款保险的结构化模型。债券除了同样具有数据可得性的便利以外, 还拥有股票所不具备的优势。首先, 作为银行债务中的次级债务, 由银行发行的债券不但与存款本质属性一致, 并且由于它的末位受偿特性及其以机构为主的投资群体属性, 使它对于风险的反应往往比存款类债务更为敏捷。具体而言, 相对于在股市中的多数散户以及银行存款的普通储户, 机构投资者在人力和信息等资源上都占据着绝对优势, 一旦银行的资产等状况发生变化, 债券市场中的机构投资者会首先行动, 其先发优势将使银行的风险等信息即时有效地反映到债券交易价格之中。其次, 由于机构投资者的单笔债券交易额度高, 投机风险巨大, 它们往往倾向于通过信息等资源的优势从事理性交易, 使债券市场很少发生反应过度和反应不足等现象, 因此, 债券价格对于信息的反应相对于股票价格更为纯粹和适度。正是因为债券工具相对于股票具有上述优势, 使得从债券视角进行结构化建模并提出更优的存款保险费率测算方法成为可能。

## 3 存款保险基本费率厘定的分析框架及计算方法

### 3.1 存款保险定价的变量描述

存款保险主要通过防范银行发生挤兑来维持金融系统的稳定, 不考虑银行资产负债期限和流动性错配, 挤兑的触发点是银行的资产市场价值低于负债市场价值。因此, 存款保险的价值就是银行负债价值与其资产价值之差与 0 之间的较大者。其中, 负债的价值相对好确定, 而银行资产的实时价值及其未来的变化路径都是难以准确刻画的。

借助左手坐标系, 描绘了银行发生债务违约的机理, 见图 1。在某一时刻 (起始日), 银行资产价值从一个确定的水平出发, 随着时间的推移, 其资产价值的变化路径存在多种可能。当存款到期时, 可以根据银行资产各种可能的状态绘出相应的频率密度



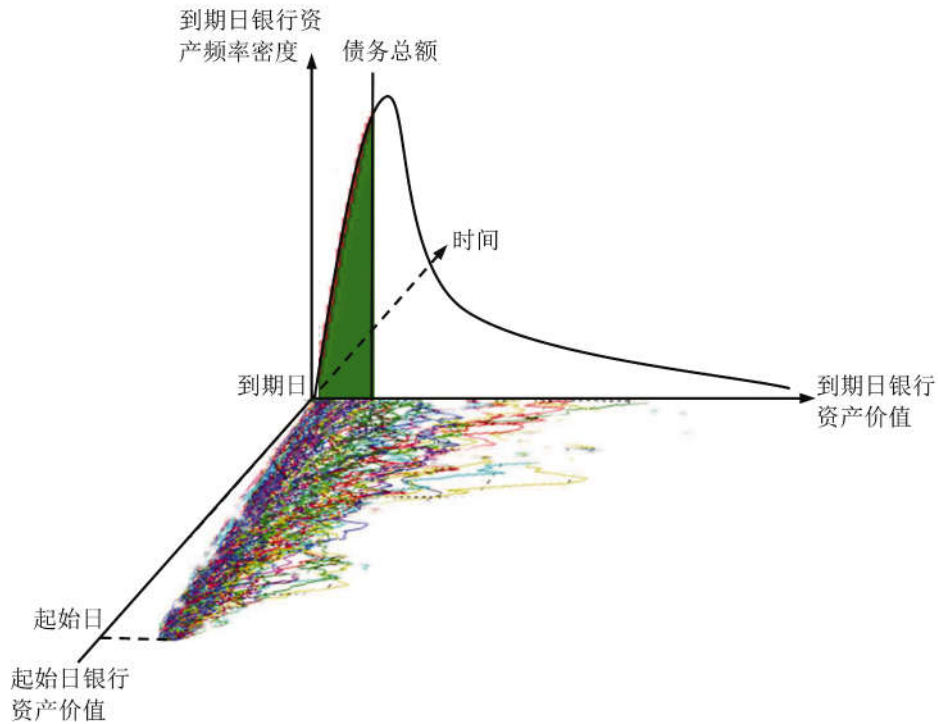


图1 银行债务违约的形成机理

Figure 1 Bank Debt Default Formation Mechanism

曲线,它表示到期日银行资产落在单位区间上的频率。再根据到期债务额,便得到银行出现资不抵债(即发生违约)的可能性,它可由债务额直线、到期日银行资产坐标轴与密度曲线所围成的阴影面积大小表示。

由图1可知,阴影面积大小主要取决于债务额直线的位置和资产频率密度曲线的形状。前者很好理解,债务额越高(直线右移,从而阴影面积越大),银行违约的可能性相对越大。而到期资产频率密度曲线的形状则与诸多因素有关,如随着存款期限的延长,或者银行资产波动性增大,到期时银行资产的分布将越趋于发散(不确定性增加),频率密度曲线可能表现出厚尾,阴影面积(从而违约风险)可能会变大;再如,银行资产预期收益率越高,或者其初始资产价值越高,那么频率密度曲线的驼峰将会右移,于是阴影面积(从而违约风险)就会变小。此外,当市场利率发生变动时,同样可能引起曲线形状的改变。

通过上述定性分析,可以将银行发生债务违约的影响因素大致概括为市场利率、银行的债务额、债务期限、银行资产、资产收益率及其波动等。不过,要得到确切反映银行风险的存款保险费用,就必须对存款保险及其影响因素之间的关系进行定量刻画,同时计算存款保险费率所需的数据必须可得。综合上述思路,本研究尝试从银行债券市场价格入手,建立一个存款保险的定价模型。

### 3.2 基本假设

本研究的模型建立在以下基本假设之上。

#### (1) 无风险利率

由于存款保险费大多按年度缴纳<sup>[22]</sup>,本研究忽略短期内的利率波动。同时,银行存款利率普遍低于交易所同期国债收益率,为避免出现负的风险溢价,以央行规定的一年期存款利率下限  $r$  作为市场无风险利率。

#### (2) 银行资产价值

不考虑分红,根据经典理论中关于公司资产价值的基本描述,设  $t$  时刻银行资产价值  $A_t$  遵循如下几何布朗运动,即

$$dA_t = \mu_A A_t dt + \sigma_A A_t dZ_t \quad (1)$$

其中,  $\mu_A$  为银行资产的预期收益率,  $\sigma_A$  为资产收益率的波动率,  $dZ_t$  为 Guass-Wiener 过程增量。

#### (3) 基于银行资产的证券价值

设  $f_t$  为基于银行资产的一种或有要求权的价值,显然它既可以代表银行发行的证券产品的价值,也可以表示存款人所拥有的债权价值(当然,现实中这一债权并不能交易,因而其数值不可得,本研究开发出来的存款保险费率厘定公式中不含该债权价值),在不会引起歧义的前提下本研究一律称之为证券。由于它可以表示为银行资产和时间的函数,  $f_t = f(A, t)$ , 根据伊藤公式,并结合(1)式可得

$$df_t = \left( \frac{\partial f}{\partial t} + \frac{\partial f}{\partial A} \cdot \frac{\partial A}{\partial t} + \frac{1}{2} \cdot \frac{\partial^2 f}{\partial A^2} \sigma_A^2 A_t^2 \right) dt + \frac{\partial f}{\partial A} \sigma_A A_t dZ_t \quad (2)$$

与RV类似,银行证券的价值还可以直接描述为如下几何布朗运动过程,即

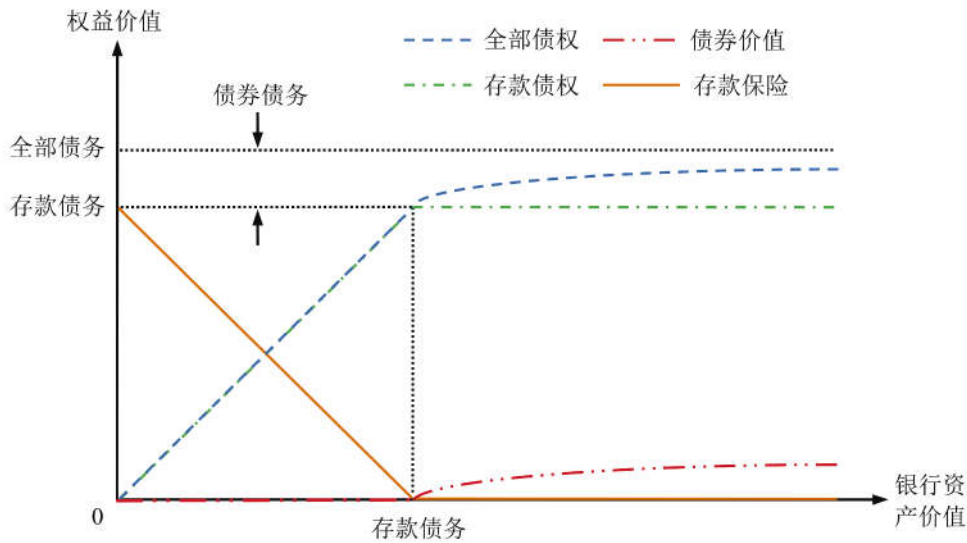


图2 存款到期日(T)债权与存款保险的价值

Figure 2 Value of Deposit Creditor's Right and Deposit Insurance on Maturity Date (T)

$$df_i = \mu_f f_i dt + \sigma_f f_i dZ_i \quad (3)$$

其中,  $\mu_f$  为证券  $f_i$  的预期收益率,  $\sigma_f$  为证券  $f_i$  收益率的波动率。

### 3.3 模型构建

根据上述假设,本研究考察一家典型商业银行存款保险的定价问题。为了避免在存款期限内出现债券价格向终值回归从而与第(3)个假设相违背的现象,尽量选取到期期限较长的债券。除非特别说明,本研究所讨论的债券都是10年期以上且不可提前退出的长期债券。

假定某商业银行在  $t$  时刻的全部债务由存款和债券构成,存款在  $T$  时刻到期,到期应偿债务额为  $X$ ,债券在  $\tau$  时刻到期,到期应偿债务额为  $x$ ,  $0 \leq t \leq T < \tau$ 。假设  $B_t$  为与存款债务对应的债权价值(以下简称存款债权),  $b_t$  为债券价值。由有限责任可知,储户在  $T$  时刻的得益只能是应偿债务额  $X$  与银行资产价值  $A_T$  之间的较小者。这就意味着债权机制下的储户利益不能得到充分保护,而存款保险的本质作用就是对储户利益当中存款债权不能覆盖的部分提供保护。由于存款债权和存款保险的价值依赖于债务到期时银行的资产状况,属于典型的未定权益。为了更清晰地展现它们之间的关系,先做出其在  $T$  时刻随银行资产变化的关系图,见图2。

根据假设,由于债券在  $T$  时刻尚未到期,它仍具有时间价值,因此债券价值和全部债权的回报曲线是弯曲的(下文将会说明,债权价值中实际上包含了一个期权对角价差组合)。观察图2中存款债权的价值曲线不难发现,当银行资产  $A_T \geq X$  时,存款到期债权价值始终为  $X$ ; 当  $A_T < X$  时,存款到期债权价值等于资产价值  $A_T$ 。这就是在不考虑存款保险时储户得益随银行资产的分布,一旦有存款保险提供保护,则储户的得益中还必须将存款保险所创造的价值也包括进来。图2表明,不管银行资产如何变化,存款债权与存

款保险的价值之和始终为  $X$ 。这形象地说明了存款保险的作用,即减少了储户未来权益不确定性,从而在一定程度上缓解了存贷市场中的恐慌情绪。

假设存款保险在  $t$  时刻的价值为  $G_t$ ,由上述分析可知,其价值(即公平保费)就体现为银行投保时与未投保时储户得益之差。当银行未投保时,储户得益就是存款类债务的债权价值;而一旦银行投保,储户在存款到期日便可以无风险地获得全额偿付( $X$ ),故其得益的现值为  $e^{-r(T-t)} X$ 。于是,有

$$G_t = e^{-r(T-t)} X - B_t \quad (4)$$

$r$ 、 $X$  和  $T$  都可以直接或间接获取,只要知道存款债权  $B_t$ , 就可以得到存款保险价值  $G_t$ 。但是,正如上文所言,存款债权属于不可交易资产,  $B_t$  的数据实际上无法直接获取,因此需通过其他办法来估计  $G_t$  的值。根据上文的分析,银行的有限责任决定了债权到期价值为应偿债务额与银行资产价值之间的较小值,从而有

$$\begin{aligned} B_t &= e^{-r(T-t)} \mathcal{E}[\min(X, A_T)] \\ &= e^{-r(T-t)} X - e^{-r(T-t)} \mathcal{E}[\max(0, X - A_T)] \end{aligned} \quad (5)$$

其中,  $\mathcal{E}[\cdot]$  为风险中性测度下的数学期望。将  $B_t$  代入(4)式,得

$$G_t = e^{-r(T-t)} \mathcal{E}[\max(0, X - A_T)]$$

可见,存款保险的实质是一份基于银行资产的欧式看跌期权<sup>[6]</sup>。运用 BLACK et al.<sup>[7]</sup> 的期权定价公式,得到存款保险的定价模型,即

$$G_t = e^{-r(T-t)} XN(-d_2) - A_t N(-d_1) \quad (6)$$

其中,  $N(\cdot)$  为标准正态累积分布函数,  $d_1$  和  $d_2$  为参数,其定义式为

$$d_1 = \frac{1}{\sigma_A \sqrt{T-t}} \left[ \ln \frac{A_t}{X} + \left( r + \frac{\sigma_A^2}{2} \right) (T-t) \right] \quad (7)$$

$$d_2 = d_1 - \sigma_A \sqrt{T-t}$$

注意到在风险中性假设下,银行资产价值  $A_T =$



$A_t e^{(r-\frac{\sigma_A^2}{2})(T-t)+\xi\sigma_A\sqrt{T-t}}$ ,  $\xi$  为标准正态分布下的一个随机变量。结合图1可知未参保银行在存款到期  $T$  时刻发生违约的风险中性概率  $P$  (以下简称为风险中性违约概率) 为

$$\begin{aligned} P &= \Pr\{A_T < X\} \\ &= \Pr\{A_t e^{(r-\frac{\sigma_A^2}{2})(T-t)+\xi\sigma_A\sqrt{T-t}} < X\} \\ &= \Pr\{\ln A_t (r - \frac{\sigma_A^2}{2})(T-t) + \xi\sigma_A\sqrt{T-t} < \ln X\} \\ &= \Pr\{\xi < -\frac{\ln \frac{A_t}{X} + (r - \frac{\sigma_A^2}{2})(T-t)}{\sigma_A\sqrt{T-t}}\} \\ &= N(-d_2) \end{aligned} \quad (8)$$

由于(6)式和(8)式中的银行资产  $A_t$  同样不可交易, 从而  $A_t$  和  $\sigma_A$  的实时数据也无法直接获取, 因此, 需要探索其他办法进行估计。

与RV的建模思路类似, 可以利用银行债券价格来估计银行资产及其收益率的波动率, 并进而得到存款保险的价值。不过, 受债务清偿顺序的影响, 银行的债券相对于存款而言属于典型的次级债务。这意味着必须借助金融工程中的组合和拆分等技术才能得到它的价值表达式, 其基本思路可以概括为先为两类债务视为一个整体, 运用与存款债权相同的定价方法建立一个基于全部债务的债权模型, 再利用全部债权与存款债权构造一个债权组合(里面含有一个期权对角价差组合), 该组合即为债券价值模型。

为了给组合的债务规定一个到期日, 很多学者借助了久期的概念。FLANNERY et al.<sup>[23]</sup> 在研究利率变化对金融机构股票收益的影响时, 以久期刻画名义合约组合的到期日。还有一些研究将存款债务的久期这一因素引入到存款保险领域<sup>[24-26]</sup>。借鉴该思路, 本研究也以久期来描述银行全部债务的到期期限。假设银行在  $t$  时刻的全部债务的久期为  $(T^* - t)$ , 则它在  $T^*$  时刻的等效偿债债务总额为  $X^*$ , 换言之,  $X^*$  从  $T^*$  时刻经有风险利率折现到  $t$  时刻的值, 刚好与银行全部债务对应的债权价值相等。相应地, 假设全部债务  $X^*$  所对应的债权在  $t$  时刻的价值为  $B_t^*$ 。

再回到图2, 通过比较全部债权价值曲线(虚线)和债券价值曲线的形状发现, 当从全部债权中将存款债权剥离以后, 代表剩余的债权盈亏的曲线刚好能与债权价值曲线重合。因此, 可以将债券价值  $b_t$  看成是由两份债权构成的组合, 即

$$b_t = B_t^* - B_t \quad (9)$$

由于存款债权  $B_t$  与存款保险价值  $G_t$  之间满足(4)式所描述的关系, 并且  $G_t$  的定价公式已由(6)式给出, 将两方程联立并整理可得存款债权的价值, 即

$$B_t = e^{-r(T-t)} XN(d_2) + A_t N(-d_1) \quad (10)$$

要得到全部债权  $B_t^*$  的定价公式, 必须将两类债务看成一个整体, 从而避免了对其内部不同债务之间清偿顺序的讨论, 于是全部债权  $B_t^*$  具有与  $B_t$  相似的结构, 与(10)式同理, 可得

$$B_t^* = e^{-r(T^*-t)} X^* N(d_2^*) + A_t N(-d_1^*) \quad (11)$$

其中,

$$d_1^* = \frac{1}{\sigma_A \sqrt{T^*-t}} \left[ \ln \frac{A_t}{X^*} + \left( r + \frac{\sigma_A^2}{2} \right) (T^*-t) \right] \quad (12)$$

$$d_2^* = d_1^* - \sigma_A \sqrt{T^*-t}$$

根据上面的分析, 用(11)式减(10)式, 得到普通债券的价值模型为

$$b_t = [e^{-r(T^*-t)} X^* - e^{-r(T-t)} X] - \{ [e^{-r(T^*-t)} X^* N(-d_2^*) - A_t N(-d_1^*)] - G_t \} \quad (13)$$

(13)式右边大括号中的第二项即是存款保险  $G_t$ , 而且括号中的第一项也与  $G_t$  的定价公式((6)式)类似, 事实上, 它相当于针对银行全部债务的一份担保。由于上述存款保险和债务担保本质上都是基于标的资产的看跌期权<sup>[27]</sup>, 并且二者的到期时间和协议价格均不相同, 因此两者之差实际上是期权的对角价差组合。此外, (13)式还表明普通债券(次级债)的价值除了与自身债务额有关, 还要受到存款应偿额(优先债)的影响。

由于(13)式中涉及的未知量较多, 在不引入新变量的前提下, 必须独立地得到4个方程才能进行求解。

与RV的思路类似, 本研究还可以构造出一个关于资产与波动率的关系式, 即根据本研究的第(2)个基本假设, 由于(2)式和(3)式描述的是同一证券价值的变化过程, 比较两式的随机微分项可知

$$\sigma_A A_t \frac{\partial f}{\partial A} = \sigma_f f_t \quad (14)$$

其中,  $f_t$  为基于银行资产的某种证券, 令  $f_t = b_t$ , 则  $\sigma_f = \sigma_b$ ,  $\sigma_b$  为债券收益率的波动率。再根据(13)式可以算得  $\frac{\partial f}{\partial A} = \frac{\partial b}{\partial A} = N(d_1) - N(d_1^*)$ , 将结果代入(14)式得

$$\sigma_A A_t [N(d_1) - N(d_1^*)] = \sigma_b b_t \quad (15)$$

其中的参数与前述定义一致。与RV的约束方程略有不同, (15)式中的  $[N(d_1) - N(d_1^*)]$  是基于一个债权组合(而非单一期权)得到的。不难发现, (13)式的对角价差组合中可整理出  $[N(-d_1^*) - N(-d_1)]A_t = -[N(d_1^*) - N(d_1)]A_t$ , 与(15)式联立, 可将(13)式化简为

$$b_t = \frac{\sigma_A}{\sigma_A - \sigma_b} [e^{-r(T^*-t)} X^* N(d_2^*) - e^{-r(T-t)} XN(d_2)] \quad (16)$$

虽然消去了对角价差组合, 但(16)式的参数  $d_2^*$  中仍包含较远期限  $T^*$  和应偿债务总额  $X^*$ , 因此, 必须先对这两个未知量作出估计。

一般地, 无论是从理论还是现实的角度看, 银行债务中的债券风险都远高于存款的风险。首先, 从风险与收益相匹配的角度上讲, 预期收益率更高的债券理应分摊更多的风险; 其次, 银行存款债务占比巨大, 直接加剧了居于末位受偿地位的银行债券所面临的风险; 最后, 由于本研究考虑的债券到期时间更长, 银行可以将债券融资额作为其附属资本, 这就

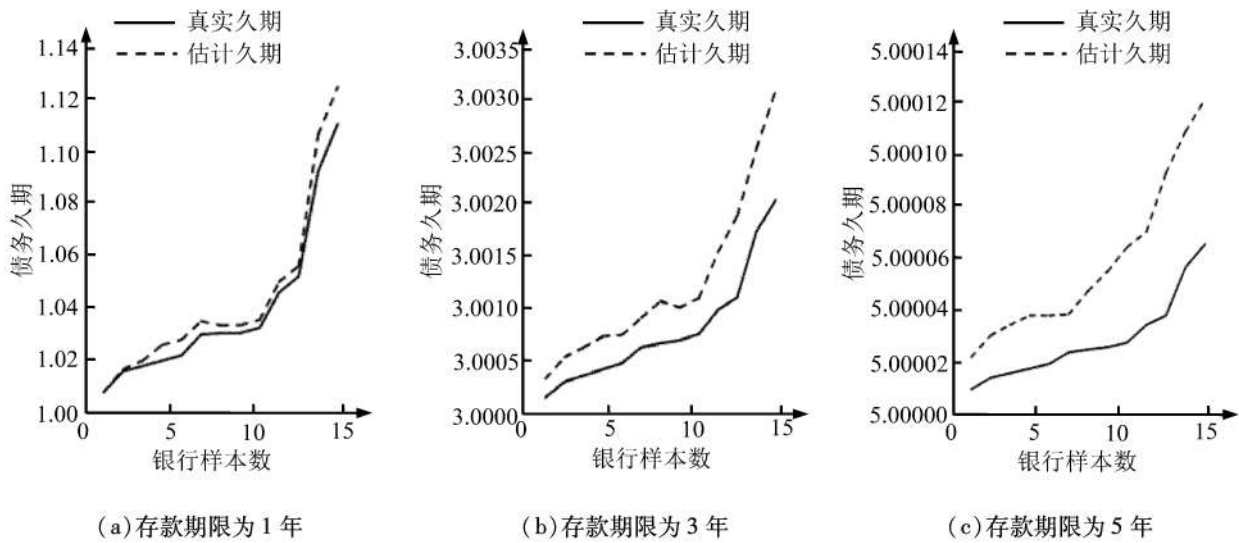


图3 不同存款期限下的久期估计结果

Figure 3 Estimation Results of Duration under Different Deposit Terms

进一步降低了存款的风险,而增加了债券的风险。

综合上述分析可知,存款应偿债务额  $X$  远大于债券应偿债务额  $x$ ,同时前者的风险更小而期限更短,

因此两者经折现后必然有  $B_i \gg b_i$ 。从而  $\frac{B_i}{B_i^*} \approx \frac{B_i}{B_i^*}, \frac{b_i}{B_i^*} \approx$

$\frac{b_i}{B_i^*}$ 。于是,久期定义下的到期时刻  $T^*$  可表示为

$$T^* = \left[ \frac{B_i}{B_i^*} \quad \frac{b_i}{B_i^*} \right] \cdot \begin{bmatrix} T \\ \tau \end{bmatrix} \approx \left[ \frac{B_i}{B_i^*} \quad \frac{b_i}{B_i^*} \right] \cdot \begin{bmatrix} T \\ \tau \end{bmatrix} \quad (17)$$

其中,  $\cdot$  为内积运算。由于  $B_i \gg b_i, T^*$  与  $T$  会比较接近。而如果以存款应偿债务额  $X$  替换 (17) 式中的  $B_i$  所产生的误差可以忽略,则可以得到  $T^*$  的一个近似估计,即  $\hat{T}^* = T + \frac{b_i}{X}\tau$ 。

为了验证上述判断,本研究选取包括5大行在内的15家商业银行的有关数据,以中国央行规定的一年期存款利率下限作为无风险利率,即  $r = 1.500\%$  (数据来源于和讯银行-和讯网),并参考郑振龙等<sup>[28]</sup>对中国AA级企业风险的风险利差  $\Delta$ ,考察将  $\hat{T}^*$  作为债务真实平均到期日  $T^*$  的估计时所产生的误差。估计结果见图3。

图3中横轴为所估计的银行样本数,纵轴为债务久期。观察图3不难得出两点启示,一方面,在同一存款期限下,久期估计误差会随着真实久期的增加而变大,由于此时银行债务真实久期的增加只可能是来自于债券债务的增加,可见,债券占比的增加会降低久期估计的精确性;另一方面,在不同的存款期限下,久期估计误差会随着期限的延长而显著下降(注意纵坐标刻度差异)。表1给出以估计久期作为真实久期的近似所产生的误差,其中的误差值按天数计算。

表1 不同存款期限下  $T^*$  的估计误差

Table 1 Estimation Errors of  $T^*$  under Different Deposit Terms

估计误差/天	$T = 1.000$	$T = 3.000$	$T = 5.000$
	$\Delta = 0.720\% \quad \Delta = 0.960\% \quad \Delta = 0.980\%$		
最大值	4.736	0.292	0.005
平均值	1.630	0.102	0.000

观察表1中的第3列,  $\hat{T}^*$  与  $T^*$  之间的平均误差天数不超过两天,说明选取  $\hat{T}^*$  作为银行债务久期  $T^*$  的估计是可行的,从而有

$$T^* = T + \frac{b_i}{X}\tau \quad (18)$$

再将存款、债券以及全部债务对应的债权看成3种证券,并将它们的预期到期收益  $X, x$  和  $X^*$  按各自的收益率折合到  $T^*$  时刻的价值,经推导得到

$$X^* = Xe^{rT^*} + x \left( \frac{b_i}{x} \right)^{\frac{T^* - T}{\tau}} \quad (19)$$

显然, (18) 式和 (19) 式右端变量的数据均可直接获取,将  $T^*$  和  $X^*$  的值代入 (15) 式和 (16) 式的参数  $d_1^*$  和  $d_2^*$  中,再联立 (15) 式和 (16) 式,可解得  $A_t$  和  $\sigma_A$  的估计值。最后,将上述计算结果代入 (6) 式和 (8) 式,便得到存款保险的价值  $G_t$  和风险中性违约概率  $P$ ,由  $g_t = \frac{G_t}{e^{-r(T-t)}X}$  可计算得到相应的费率,它代表存款保险在单位存款上的实施成本,  $g_t$  为存款保险费率。注意,现实中往往以  $\frac{G_t}{X}$  作为费率,  $X$  为存款在到期时刻  $T$  的价值。考虑到  $G_t$  是存款保险在  $t$  时刻的价值,且全额保险后  $X$  可视为无风险资产,故本研究也将  $X$  按  $r$  折现至  $t$  时刻,从而得到存款保险费率。

表2 五大国有商业银行的债务结构(币种:人民币)  
Table 2 Debt Structures of the Five State-owned Commercial Banks (Currency: RMB)

银行 债务结构	存款类债务			债券类债务				
	存款总额/ 10 亿元	年息/%	1 年后应偿本 息/10 亿元	市值/10 亿元	收益率/%	久期/年	到期应偿债 务/10 亿元	
2015 年 上半年	工行	16 039.235	2.250	16 400.118	53.238	0.439	9.100	79.410
	建行	13 752.936	2.250	14 062.377	43.007	0.453	8.900	64.346
	农行	12 925.352	2.250	13 216.172	52.563	0.464	8.560	78.230
	中行	10 955.569	2.250	11 202.069	33.460	0.474	8.500	50.043
	交行	4 584.011	2.250	4 687.151	28.020	0.457	8.840	41.956
2015 年 下半年	工行	17 284.206	1.750	17 586.680	55.751	0.411	8.630	79.519
	建行	14 952.308	1.750	15 213.973	45.279	0.419	8.440	64.458
	农行	14 030.564	1.750	14 276.099	56.339	0.407	8.130	78.452
	中行	11 809.673	1.750	12 016.342	35.838	0.418	8.060	50.186
	交行	5 014.294	1.750	5 102.044	29.544	0.421	8.380	42.034

数据来源:WIND 资讯,其中存款总额是经季节调整后的预测值。

表3 五大国有商业银行存款保险费率  
Table 3 Deposit Insurance Premium of the Five State-owned Commercial Banks

银行	2015 年上半年				2015 年下半年			
	年息/%	债券收益 波动率/%	风险中性 违约概率/%	存款保险费 率/基点	年息/%	债券收益 波动率/%	风险中性 违约概率/%	存款保险费 率/基点
工行	2.250	2.647	0.324	1.761	1.750	2.730	0.339	1.923
建行	2.250	2.582	0.323	1.750	1.750	2.632	0.340	1.903
农行	2.250	2.488	0.328	1.762	1.750	2.399	0.321	1.741
中行	2.250	2.481	0.327	1.787	1.750	2.368	0.325	1.775
交行	2.250	2.870	0.373	1.829	1.750	3.060	0.407	2.077
均值	2.250	2.611	0.335	1.778	1.750	2.638	0.346	1.884

#### 4 数据处理及运算

考虑到其他银行债券的流动性普遍不如五大行的同类债券<sup>[29]</sup>,而流动性不足又可能导致价格难以及时有效地反映市场信息,因此,本研究仅选取2011年中国国有五大行发行的长期债券(期限为15年),在算出其存款保险费率后再根据RV模型得出其余10家银行的费率。2015年各大银行存款余额的年度数据尚未公布,根据各家银行2007年至2014年的季度数据,经过季节性调整后,估计得到其2015年年度的存款余额。考虑到现实中的存款保险费大多按年度缴纳,因此将存款债务的平均到期期限(即久期)视为1年,并且按各家银行的存款年利率计算出1年

后应偿本息额。另外,根据债券市场公布的相关数据,算出债券总市值、到期收益率、久期和到期应偿债务额。所有数据经整理后得到表2。

本研究以央行设定的一年期存款利率下限为市场无风险利率,上半年 $r=2.000\%$ ,下半年 $r=1.500\%$ 。结合表2,将所有已知数据代入(18)式、(19)式、(15)式、(16)式、(6)式和(8)式,在MATLAB上运用数值方法求解,最终得到的结果见表3。

由表3可知,总的来看,银行的风险中性违约概率和存款保险费率在2015年下半年的值高于2015年上半年的值,这一差异可以由存款保险的期权属性得到解释。首先,存款利率的下调意味着市场无风险

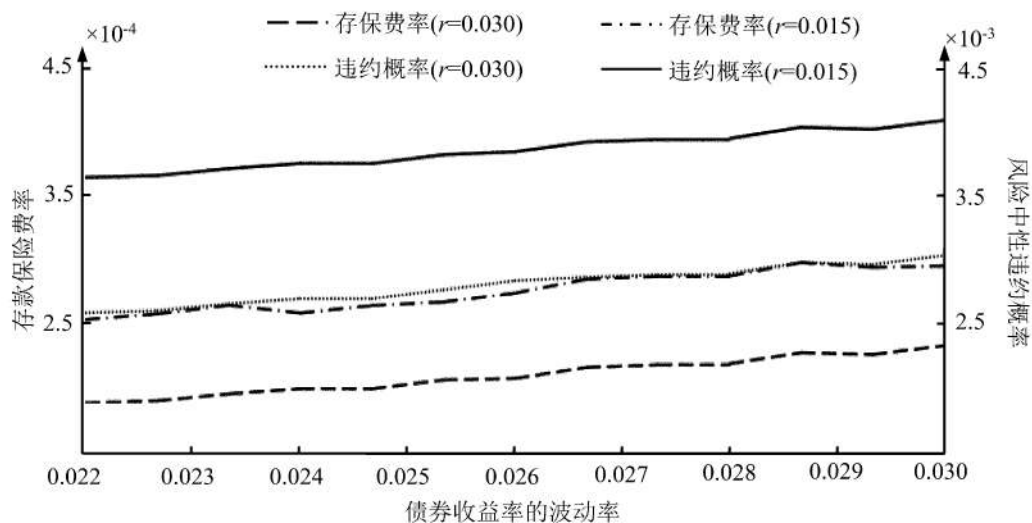


图4 工行违约概率及存款保险费率曲线

Figure 4 The Probability of Default ICBC and the Deposit Insurance Premium Curve

表4 其余10家商业银行存款保险费率

Table 4 Deposit Insurance Premium of Other Ten Commercial Banks

银行类型		存款利率下限为2.000%时其他10家商业银行的存款保险费率/基点							
城市 商业银行	银行名称	北京银行	南京银行	宁波银行	均值				
	存款保险费率/基点	8.329	5.740	7.233	7.100				
股份制 商业银行	银行名称	华夏银行	民生银行	平安银行	浦发银行	兴业银行	招商银行	中信银行	均值
	存款保险费率/基点	12.635	7.069	9.807	13.468	10.409	11.960	12.685	11.147

利率的降低;其次,债券在下半年的波动率的均值呈上升趋势。而上述两种变化无疑都将增加看跌期权的价值。

本研究以工行为例,考察在不同利率水平上风险中性违约概率与存款保险费率随债券收益率的波动率的变化规律,见图4。

观察图4,可以得到如下两点启示。

(1)随着债券收益率的波动率的增加,存款保险费率和风险中性违约概率都呈现出上升趋势。并且经计算发现,当存款利率为0.015时,二者关于波动率的弹性系数分别为0.725和0.900,这意味着,债券的波动率每增加一个百分点,银行风险中性违约概率和存款保险费率将分别上升0.725和0.900个百分点。可见,当银行债券的波动率上升时,可能是存款保险费率需要适当上调的一个市场信号。

(2)无论是存款保险费率还是风险中性违约概率,二者的值都是在存款利率较大时相对较低,这与李敏波<sup>[21]</sup>得出的结论截然相反。对此,本研究从久期和期权两方面加以解释。不考虑其他因素的变化,当利率上升时,一方面它使存款债务中较早到期的利息占比增加,从而导致存款债务久期、风险(违约概率)和存款保险费率下降;另一方面,存款保险

的实质是一份基于银行资产的看跌期权,而它与利率是呈反向变化的<sup>[30]</sup>,因此,利率上升时存款保险费率下降。

由于其他商业银行无论是信用等级、资产规模还是资产质量等方面,都与五大行之间存在差距,其债券的流动性也远不如五大行的债券,可能无法通过套利使其价格即时回归于理性水平,因此无法直接利用本研究模型得出它们的存款保险费率。不过,首先,可以利用RV模型得到其他银行与五大行含有市场情绪的存款保险费率的估计;其次,通过将其他银行含情绪的费率减去五大行含情绪的费率,使市场情绪对费率造成的大部分影响得以相互抵消;最后,将上述费率差价加上基于债券得到的五大行费率,就得到各家银行的存款保险费率,见表4。

对比表3和表4的结果不难发现,就费率水平而言,国有五大行低于城市商业银行,城市商业银行又低于股份制商业银行。至于前者费率显著低于后两者的原因,除了资产规模和资产质量占优以外,可能还与市场预期有关,即投资者可能认为国有银行现阶段仍获得一定的政府隐性担保,从而市场可能倾向于低估这类银行资产的实际风险,使最终经由市场数据得出的存款保险费率水平也偏低。



表5给出国际上已经施行存款保险制度的主要国家和地区的费率水平<sup>[31]</sup>。通过对比发现,本研究的费率测算结果与同样实施差别费率制的美国(FDIC)和加拿大(CDIC)基本一致。

**表5 部分国家和地区存款保险费率**  
**Table 5 Deposit Insurance Premium of**  
**Some Countries and Regions**

	美国	加拿大	菲律宾	巴西
厘定方法	差别费率	差别费率	单一费率	单一费率
费率水平/基点	分为九档: 0~27	2/4/8/16	20	30

资料来源:苏宁. 存款保险制度设计:国际经验与中国选择. 北京:社会科学文献出版社,2007:65.

## 5 结论

为了克服存款保险结构化模型中输入变量的不可观测以及经由股价估计银行资产可能导致系统性偏差的问题,本研究首次从银行债券视角对中国15家商业银行的存款保险费率进行测算,研究结果如下。

(1)在其他情况相同的条件下,银行的风险中性违约概率及其存款保险费率均与银行债券收益率的波动率正相关,说明债券的价格信息能够反映一定的银行存款债务风险。

(2)在利率下限为2.000%时,5家国有商业银行的存款保险费率均值为1.778基点,略高于同期央行制定的基准费率(1.600基点),说明五大行的费率可作为基准费率调整的一个重要参考指标。3家城市商业银行和7家股份制银行的费率均值分别为7.100基点和11.147基点,它们的费率显著高于5家国有商业银行的原因,除了5家国有商业银行资产规模和资产质量占优以外,可能还与市场预期有关。

(3)总体来看,上述结果与同样实施差别费率制的美国(FDIC)和加拿大(CDIC)的水平相当,说明本研究设计的基于债券视角测算费率的方法具有一定的合理性和参考价值。

在推行差别费率存款保险制度的过程中,一定要重点结合中国的实情。比如国有五大行存款余额基数巨大,因而即使是存款保险费率的一个微小差异所产生的保费差价也不容小觑。从这个意义上说,五大行之间的风险差异及各大行自身风险的时变特征都值得关注,切不可简单地大而化之。合理的费率不仅能减少交叉补贴,还为投资者提供了银行存款风险的一个重要参考指标。因此,在整个利率市场化改革过程中,如何找到一个合理的存款保险费率测算方法,以捕捉所有银行(包括完全未被本研究覆盖的非上市银行)风险因素的细微差异和变化都具有较强的现实意义。本研究在这方面进行了积极地探索,但是仍有几点明显的不足。首先,本研

究忽略了银行全体债务的凸性,这在利率波幅较大或考察期限较长时会造成较大偏差,本研究模型似不适用;其次,现阶段中国国内债券交易不够活跃,对于它能否及时反映市场信息存在疑问;最后,由于模型中的债券与存款的期限严重不一致,考虑到现实中的信用风险和利率风险往往都呈现一定的时变性(如利率期限结构的非平行变动),因而即便债券价格有效,其仍然未必能反映存款债务的风险。

## 参考文献:

- [1] DEMIRGÜÇ-KUNT A, KANE E, LAEVEN L. *Deposit insurance database*. International Monetary Fund Working Paper, 2014.
- [2] 姚东旻,颜建晔,尹焯昇. 存款保险制度还是央行直接救市? 一个动态博弈的视角. *经济研究*, 2013, 48(10): 43-54.  
YAO Dongmin, YAN Jianye, YIN Yesheng. Deposit insurance system or the central bank's bailout? A dynamic-game perspective. *Economic Research Journal*, 2013, 48(10): 43-54. (in Chinese)
- [3] TSAI I C. Spillover of fear: evidence from the stock markets of five developed countries. *International Review of Financial Analysis*, 2014, 33: 281-288.
- [4] HUANG D, JIANG F, TU J, et al. Investor sentiment aligned: a powerful predictor of stock returns. *The Review of Financial Studies*, 2015, 28(3): 791-837.
- [5] 胡昌生,池阳春. 投资者情绪、资产估值与股票市场波动. *金融研究*, 2013(10): 181-193.  
HU Changsheng, CHI Yangchun. Investor sentiment, asset valuation, and the volatility of stock market. *Journal of Financial Research*, 2013(10): 181-193. (in Chinese)
- [6] 王永宏,赵学军. 中国股市“惯性策略”和“反转策略”的实证分析. *经济研究*, 2001, 36(6): 56-61, 89.  
WANG Yonghong, ZHAO Xuejun. An empirical analysis of “momentum strategy” and “reverse strategy” in Chinese stock market. *Economic Research Journal*, 2001, 36(6): 56-61, 89. (in Chinese)
- [7] BLACK F, SCHOLES M. The pricing of options and corporate liabilities. *Journal of Political Economy*, 1973, 81(3): 637-654.
- [8] JARROW R A, TURNBULL S M. Pricing derivatives on financial securities subject to credit risk. *The Journal of Finance*, 1995, 50(1): 53-85.
- [9] INGERSOLL J. An examination of corporate call policies on convertible securities. *The Journal of Finance*, 1977, 32: 463-478.
- [10] MERTON R C. An analytic derivation of the cost of deposit insurance and loan guarantees: an application of modern option pricing theory. *Journal of Banking*

- & Finance*, 1977, 1(1): 3-11.
- [11] DUAN J C, YU M T. Capital standard, forbearance and deposit insurance pricing under GARCH. *Journal of Banking & Finance*, 1999, 23(11): 1691-1706.
- [12] HWANG D Y, SHIE F S, WANG K, et al. The pricing of deposit insurance considering bankruptcy costs and closure policies. *Journal of Banking & Finance*, 2009, 33(10): 1909-1919.
- [13] STAUM J. Systemic risk components and deposit insurance premia. *Quantitative Finance*, 2012, 12(4): 651-662.
- [14] MAO H, OSTASZEWSKI K M, CARSON J M, et al. Pricing of deposit insurance considering investment, deductibles, and policy limit. *Journal of Insurance Issues*, 2013, 36(2): 149-174.
- [15] 吕筱宁, 秦学志. 考虑银行破产外部效应的存款保险定价模型. *运筹与管理*, 2014, 23(2): 206-212.  
LV Xiaoning, QIN Xuezhi. Deposit insurance pricing method considering bankruptcy externalities. *Operations Research and Management Science*, 2014, 23(2): 206-212. (in Chinese)
- [16] LEE S C, LIN C T, TSAI M S. The pricing of deposit insurance in the presence of systematic risk. *Journal of Banking & Finance*, 2015, 51: 1-11.
- [17] 吕筱宁, 秦学志, 尚勤. 考虑跨期系统风险的存款保险逆周期定价方法. *系统管理学报*, 2016, 25(1): 11-21, 27.  
LV Xiaoning, QIN Xuezhi, SHANG Qin. Counter-cyclical pricing method for deposit insurance with the inter-temporal systemic risk. *Journal of Systems & Management*, 2016, 25(1): 11-21, 27. (in Chinese)
- [18] GÜNDÜZ Y, UHRIG-HOMBURG M. Does modeling framework matter? A comparative study of structural and reduced-form models. *Review of Derivatives Research*, 2014, 17(1): 39-78.
- [19] MARCUS A J, SHAKED I. The valuation of FDIC deposit insurance using option-pricing estimates. *Journal of Money, Credit and Banking*, 1984, 16(4): 446-460.
- [20] RONN E I, VERMA A K. Pricing risk-adjusted deposit insurance: an option-based model. *The Journal of Finance*, 1986, 41(4): 871-895.
- [21] 李敏波. 基于隐性担保的存款保险费率测算: 以中国16家上市商业银行为例. *金融研究*, 2015(4): 162-175.  
LI Minbo. Deposit insurance premium estimation based on implicit guarantee: evidence from Chinese listed commercial banks. *Journal of Financial Research*, 2015(4): 162-175. (in Chinese)
- [22] 徐艺, 李静婷. 存款保险对中国银行业存款结构的影响. *金融论坛*, 2015, 20(3): 44-49.  
XU Yi, LI Jingting. The impacts of deposit insurance system on the structure of Chinese banking deposits. *Finance Forum*, 2015, 20(3): 44-49. (in Chinese)
- [23] FLANNERY M J, JAMES C M. The effect of interest rate changes on the common stock returns of financial institutions. *The Journal of Finance*, 1984, 39(4): 1141-1153.
- [24] SHARPE W F. Bank capital adequacy, deposit insurance and security values. *The Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 1978, 13(4): 701-718.
- [25] PENNACCHI G G. A reexamination of the over- (or under-) pricing of deposit insurance. *Journal of Money, Credit and Banking*, 1987, 19(3): 340-360.
- [26] O'BRIEN J M, ORPHANIDES A, SMALL D H. *Estimating the interest rate sensitivity of liquid retail deposit values*. Washington, DC: Board of Governors of the Federal Reserve System, 1994.
- [27] 戴志锋, 张宗益, 陈银忠. 基于期权定价理论的中国非上市公司信用风险度量研究. *管理科学*, 2005, 18(6): 72-77.  
DAI Zhifeng, ZHANG Zongyi, CHEN Yinzhong. Credit risk measurement of Chinese non-listed companies based on option pricing theory. *Journal of Management Science*, 2005, 18(6): 72-77. (in Chinese)
- [28] 郑振龙, 林海. 中国违约风险溢酬研究. *证券市场导报*, 2003(6): 41-44.  
ZHENG Zhenlong, LIN Hai. Research on the risk premium of default in China. *Securities Market Herald*, 2003(6): 41-44. (in Chinese)
- [29] 朱艳敏, 王光伟. 流动性需求、资本约束与银行债券资产配置行为. *金融论坛*, 2013, 18(8): 3-9.  
ZHU Yanmin, WANG Guangwei. Liquidity demands, asset constraints and the commercial bank's allocation behaviors of bond assets. *Finance Forum*, 2013, 18(8): 3-9. (in Chinese)
- [30] HULL J C. *Options, futures, and other derivatives*. 9th ed. New York: Pearson Education, Inc, 2014: 322.
- [31] 苏宁. *存款保险制度设计: 国际经验与中国选择*. 北京: 社会科学文献出版社, 2007: 65.  
SU Ning. *Deposit insurance system design international experience and China's choice*. Beijing: Social Sciences Academic Press, 2007: 65. (in Chinese)

## On the Estimation of Deposit Insurance Premium Based on Bank Bonds

CHENG Zhifu<sup>1</sup>, ZHANG Mengfei<sup>2</sup>, XIONG Dechao<sup>1,3</sup>

1 Economics and Management School, Wuhan University, Wuhan 430072, China

2 Bloomberg L. P., New York 10025, US

3 Capital Operation Department, Changjiang Securities, Wuhan 430015, China

**Abstract:** A deposit insurance system can induce moral hazard problems and result in more risks for commercial banks. Therefore, the establishment of a suitable deposit insurance system needs to be considered from the perspectives of risk management and the deposit insurance premium based on risk. The key to solve this problem is pricing the rate of deposit insurance premium.

The rates of deposit insurance premium usually can be broadly classified as unified rate and differentiated rate, and the latter that insurance premium structure based on risk can reduce moral hazard. Based on differentiated rate of the deposit insurance and the pricing method of compound option, Ronn and Verma propose that the deposit insurance is not only related to the risks and benefits of bank assets, but also to the bank's equity capital position and the deposit. Referring to the modeling ideas from Ronn-Verma, and based on the similarity between deposit and other common debt obligation and diagonal spread technology, this paper studies the relationship of the deposit premium and the default probability with the bank bond price by constructing and solving nonlinear equations with bank asset market value, the implied volatility of bank asset, the equity value and volatility of bond price as unknown variables. Meanwhile, leveraging the publicly observable prices of listed bank bonds, this paper adopts numerical methods to calculate the risk-neutral default probabilities and the deposit insurance premiums of 5 state-owned commercial banks. Based on the premiums calculated and combined with Ronn-Verma model, the deposit insurance premiums of the rest 10 listed non-state-owned banks can be obtained.

The results show that given the same conditions, the probability of default and the deposit insurance premium are positively correlated with the volatility of bond price, and bond price can reflect the risk of bank deposits in a certain degree. Besides, the premium of joint-stock banks is the highest, city commercial banks' is at the intermediate level, and the premium of state-owned commercial banks is the lowest, which is slightly higher than that of the benchmark premium provided by the central bank in the same sample period.

China is at present transforming from the implicit deposit insurance to visible deposit insurance gradually, and this paper builds a pricing theory for the deposit insurance through the bank bond price. Based on practical considerations, relevant departments should adopt differentiated rate, establish risk rating system and improve risk supporting measures to create favorable conditions for implementing the appropriate deposit insurance rating system.

**Keywords:** deposit insurance premium; bank bonds; diagonal spread; implied volatility; risk-neutral probability of default

**Received Date:** April 20<sup>th</sup>, 2016      **Accepted Date:** August 26<sup>th</sup>, 2016

**Funded Project:** Supported by the National Natural Science Foundation of China(71401128) and the Key Projects of Philosophy and Social Sciences Research, Ministry of Education of People's Republic of China(12JZD029)

**Biography:** CHENG Zhifu is a Ph. D candidate in the Economics and Management School at Wuhan University. His research interests cover fixed-income securities and derivative pricing. His representative papers titled "Regulatory forbearance, debt settlement structure and deposit insurance pricing" will be published in the *Systems Engineering* (Issue 3, 2017). E-mail:jefchan@whu.edu.cn

ZHANG Mengfei, is a senior analyst at Bloomberg L. P.. His research interests focus on derivative pricing and risk management. E-mail:mengfei\_zhang@hotmail.com

XIONG Dechao, is a researcher of capital operation department at Changjiang Security. His research interests focus on fixed-income and financial risk management. His representative paper titled "Convertible bond pricing and empirical research based on LSM model" was published in the *Chinese Journal of Management Science* (Special Issue, 2011). E-mail:271071935@qq.com □