

# 基于引力模型的寿险公司资产负债匹配管理研究

张琳，程育琦

(湖南大学金融与统计学院，湖南省长沙市，邮编 410079)

**摘要：**2016年1月1日，中国保险业正式进入偿二代阶段，对寿险公司资产负债管理提出新的要求。与此同时，保险资金投资领域的不断放宽也给资产负债管理带来机遇与风险，这使得寿险公司资产负债管理开始成为各界的关注焦点。论文结合银行间固定利率国债即期收益率与具体的保险产品实例，从改进利率期限结构着手，再构建资产负债管理模型，最后实证分析资产负债管理，从而减少保险业经营风险，促进全面风险管理。结论表明利率期限结构模型中，SW法相对于750天移动平均法具有相关优势，更贴近于实际利率。另外，引力模型在寿险公司资产负债管理中的应用具有可行性，具有一定的理论价值和实践意义。

**关键词：**偿二代；资产负债管理；引力模型；S-W法

**中图分类号：** F840.32      **文献标识码：** A

## 一、引言

2016年1月1日，中国保险业正式进入偿二代阶段。偿二代以风险为导向，推动行业转变粗放的发展模式，不断提高风险管理能力；偿二代释放了偿一代下资本冗余，有利于提升保险公司的资本使用效率，增强保险业对社会资本的吸引力，对保险公司资产负债管理带来一定影响。同时，2014年开始中国保监会不断深化保险资金运用市场化改革，陆续发布12项政策制度，把更多投资选择权和风险责任交还给市场主体，激发了市场活力和创新动力，释放了改革红利。

受利好投资政策影响，保险资金逐渐投放到各个领域。中国保监会最新数据显示，2016年全年，资金运用余额133,910.67亿元，较年初增长19.78%。然而，保险公司在越发宽松的投资环境中逐渐显现出激进的投资行为，加大了资产的风险，资产负债管理陷入困境，从长远角度不利于保险公司稳定经营。2015年12月11日，保监会紧急下发《中国保监会关于加强保险公司资产配置审慎性监管有关事项的通知》，要求保险公司重视和加强资产负债管理，坚持审慎的保险定价策略和稳健的资产配置策略，持续提升资产负债管理能力。

总之，无论是偿二代的实践应用还是保险资金投资渠道的逐步放开都对寿险公司资产负债管理提出了考验。因此认真探索，寻求更为有效的资产负债管理方式，对保险业长远发展有重大意义。

## 二、文献综述

早期的资产负债管理技术主要包括现金流匹配(Tjalling C. Koopmans, 1942)、免疫策略(F. M. Redington, 1952)、缺口分析(Clifford, 1981)，逐渐发展为随机资产负债管理 A Study on Asset and Liability Matching Management of Life Insurance Company 理技术，包括基于随机规划的资产负债管理技术(机会约束模型 Chambers 和 Chames, 1961 ;序贯决策模型 Bradley, Crane, 1972 ;简单补偿随机模型 Kusy, Ziemba, 1983 等)，和基于随机控

制的资产负债管理(养老金管理 BouHer, E. Trussant, D. Florens, 1995; 保险公司管理 Browne, 1995)等。可以看到,确定性的资产负债管理技术已经逐渐被随机资产负债取代,随机资产负债管理可以使用随机变量描述宏观经济趋势、资本市场波动、负债水平变化,因此更符合寿险公司面临的实际情况。

然而这些模型大多将寿险公司的目标和特征融入唯一的目标函数中,无法得到整体层面的多目标综合最优解,因而研究转向多目标规划领域。Sharif(1985)曾经将多目标规划引入养老金的投资决策领域,并得出结论,此举有利于保障保险公司管理决策的有效性。针对财险公司, Dash(2003)构建非线性多目标资产负债管理模型,但其对负债管理关注较少。国内方面,解强、李秀芳(2009)开始将多目标规划应用于保险公司的资产负债管理问题;李秀芳、王丽珍(2011, 2012)则采用多目标规划解决保险公司的资本管理决策。

多目标资产负债管理模型的求解具有一定的随机性。在多目标遗传算法中,初始种群的选取是随机的,出于计算机计算能力的制约迭代次数不能选择过高,这就造成最后的求解带有一定的不确定性。与此同时,资产负债管理模型的决策变量有多个,最优解可能不具有唯一性,达到同样目标的解可能有多个,这对敏感性分析造成一定程度的影响。

引力模型源于物理学中电荷引力原理。由 Tinbergen (1962) 和 Poyhomen (1963) 最早运用于国际贸易分析,此后不断得到拓展,并运用于测算贸易潜力、分析贸易模式和估计贸易壁垒的边际成本等领域,较好地解释了现实问题。Andrea Fracasso(2014)采用引力模型研究国际农产品贸易中暗含的“虚拟水”贸易,得出各国水资源蕴藏量为重要因素。Clive Morley 等(2014)从个体效用理论推导出旅游业需求的引力模型。在印度国际贸易问题上, Smwarajit Lahiri Chakravarty(2014)使用核心引力模型研究交易双方距离在贸易方向上的重要作用,用扩展的引力模型分析印度与陆上邻国的外部联系。

引力模型在金融领域应用较少。孙清(2011)将引力模型引入资产负债管理领域,主要研究商业银行流动性风险防范。根据电荷吸引原理建立的资产负债引力模型,通过改进不同种类资产和负债匹配度,以提高商业银行管理流动性风险的能力。Christian Dreschera 等(2015)运用引力模型与空间经济学分析影响大规模资产泡沫的因素。并表明货币政策可通过确保健康的货币状态与选择灵活的汇率政策以降低大规模资产泡沫发生概率。

目前,引力模型在保险领域应用较少。主要研究出口信用保险对国际贸易的影响,而对资产负债管理方向尚未涉及。何慎远等(2011)利用引力模型下研究了我国出口信用保险和出口的关系,认为出口信用保险对出口有着显著的促进作用,并且在不同时期内对出口到不同国家和地区的促进作用有所不同。王国军,王德宝,虞国柱(2014)在扩展引力模型的框架下,对出口信用保险与我国外贸出口关系进行多层次研究。

通过借鉴以上国际经验和国内已有的研究成果,发现资产负债管理方法尚存在一定局限性。本文结合银行间固定利率国债即期收益率与具体的保险产品实例,从改进利率期限结构着手,再构建资产负债管理模型,最后实证分析资产负债管理,从而减少保险业经营风险,

促进全面风险管理。

### 三、 研究方法与模型

资产负债管理分为负债和资产两部分。利率对资产和负债双方均存在重大影响。资产负债错配引起的利率风险占最低资本要求的 70%以上，为最大的资本消耗点。从资产负债管理的角度考虑负债的评估，更为重要的评估利率的选择。本文认为结合国外 Solvency II 体系改进我国偿二代中利率期限结构有利于更好地完成寿险公司资产负债管理。

#### (一) 利率期限结构的改进

##### 1. 偿二代下利率期限结构理论与 Solvency II 的比较

###### (1) 中国偿二代 (C-ROSS)

偿二代体系下使用的终极利率是 4.5%。偿二代体系下负债的评估利率采用中国债券信息网公布的保险准备金计量曲线的 750 日移动平均利率。在偿二代下计算实际资本时，负债现金流的贴现率目前是用 750 天移动平均的国债收益率曲线，负债的贴现率和资产的收益率相匹配。2015 年底的国债收益率曲线和 750 天平均差异很小，如果未来国债收益率持续下降，这个差异会越来越大。如果仍然采用 750 天平均作为贴现率会造成与以账面价值为基础的公司资产的隐含到期收益率不匹配。

###### (2) Solvency II

通过阅读 EIOPA 官网上关于利率期限结构的资料，总结 Solvency II 利率期限结构理论如下：

度量利率风险时假设的利率期限结构中，Solvency II 使用 4.2% 终极利率（包括 2.2% 长期增长率与 2% 通货膨胀率）。在负债评估方面，Solvency II 引用了一种宏观经济方法——Smith-Wilson 模型（以下简称 S-W 模型）来推测未来的无风险利率。S-W 模型通过考虑预期通货膨胀率和预期实际利率来确定一个长期均衡利率，并假设远期利率的观测值将在特定时间内收敛至长期均衡利率。通过 S-W 模型计算出无风险利率后，保险公司可附加流动性溢价以得到评估准备金的贴现率。先以输入的原始利率数据通过 Smith-Wilson 外推模型计算不包含波动调整的无风险利率，随后将波动调整基点加入到基础无风险曲线的零息即期利率。产生的利率再次利用 Smith-Wilson 外推模型得出包含波动调整的无风险利率。

##### 2. 利率期限结构的改进

S-W 模型蕴涵了监管部门对宏观经济的观察与观测，同时其长期均衡利率的假设也使得模型结果具有稳定性，这为中国改进第二代偿付能力监管体系中的利率模型提供了一个值得研究的方案。因此建议，结合中国实际，通过预测预期通货膨胀率和预期实际利率来确定一个长期均衡利率，将 S-W 模型引入利率期限结构。本文实证分析部分详细说明了采用 S-W 法利率期限结构计算的准备金与实际利率计算的准备金匹配度要优于采用 750 天移动平均法利率期限结构计算的结果。

## (二) 寿险资产负债引力模型

运用引力模型将资产负债进行匹配，以期限为基本条件，关键久期、收益率为要求条件。期限、关键久期、收益率均按照样本情况确定合理的组间距，划分为一定等级，便于匹配。

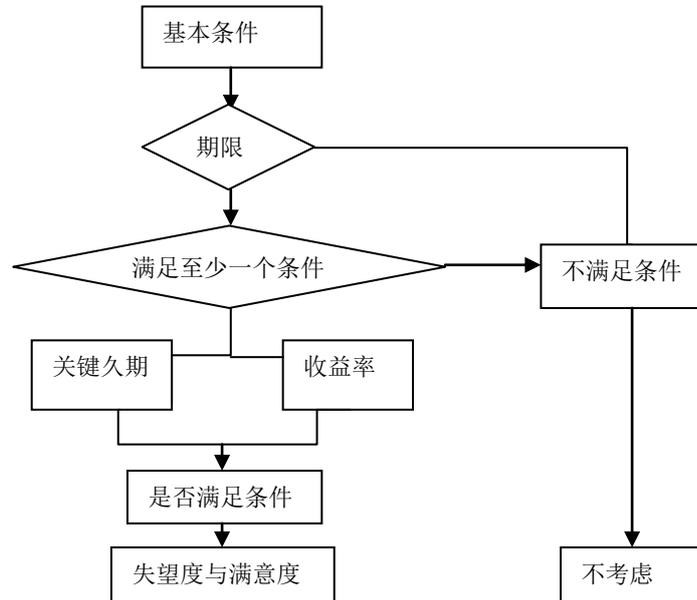


图 1. 满意度与失望度取值流程图

对期限进行筛选，资产  $j$  的期限贴近负债  $i$  一个期限层次以上的满意度为 0，失望度为  $\infty$ 。

如果资产  $j$  基本条件与负债  $i$  的要求不匹配，则满意度为 0，失望度为  $\infty$ 。

得出负债  $i$  对资产  $j$  的匹配度为其满意度与失望度的差值：

$$\begin{aligned}
 P &= F_{L_i \leftrightarrow A_j} - F'_{L_i \leftrightarrow A_j} = N_{ij} \times W_{ij} - N_{ij} \times W'_{ij} \\
 &= N_{ij} \times \left( n_{ij} + \frac{\sum (J_{jk} - X_{ik})}{4 \times n_{ij}} \right) - N_{ij} \times \left( n'_{ij} + \frac{\sum (X_{jk} - J_{ik})}{4 \times n'_{ij}} \right)
 \end{aligned}$$

其中， $N_{ij}$  为期限判断，期限条件符合时， $N_{ij}=1$ ，反之  $N_{ij}=0$ 。

$W_{ij}$  为满意积累值。 $W'_{ij}$  为失望积累值。

$$W_{ij} = n_{ij} + \frac{\sum (J_{jk} - X_{ik})}{4 \times n_{ij}} \quad k \in 1, 2$$

式中， $J_{jk} - X_{ik}$  表示满足最低条件时，资产  $j$  的  $k$  项指标基本条件与负债  $i$  的  $k$  项指标需求条件的差值。

$n_{ij}$  是满足要求的数量。

$$W'_{ij} = n'_{ij} + \frac{\sum (X_{jk} - J_{ik})}{4 \times n'_{ij}} \quad k' \in 1, 2$$

式中， $X_{jk} - J_{ik}$  表示满足最低条件时资产  $j$  的  $k$  项指标基本条件与负债  $i$  的  $k$  项

指标需求条件的差值。

$n'_{ij}$ 是满足要求的数量。第一项指标为关键久期，第二项指标为收益率。

其中引入的关键久期概念如下：

在利率期限结构中，某些关键的整数期限的利率将在很大程度上影响金融市场交易者心理。默认选取 0.5 年、1 年、2 年、3 年、4 年、5 年、7 年、10 年、15 年、20 年、30 年作为关键期限。关键利率久期正是以这些关键期限利率为基础，衡量债券组合价值对利率敏感性的分析方法。

假定第  $n$  个关键年的利率分别向上和向下发生一个微小的变动  $\Delta y$ ，根据上述关键年利率变动的关系，可构建新的期限结构和按以上规则变动后的到期收益率曲线，并以之分别计算变化后的债券或组合市值  $V+$ ， $V-$ 。结合当前债券的市值  $V_0$ ，得到该  $n$  年期的关键利率

$$\text{久期为: } D_n = \frac{V_+ - V_-}{2V_0\Delta y} \quad \Delta y \text{ 假设为 } 1\%$$

其中， $V+$  是利率上升  $\Delta y$  时债券市值， $V-$  是利率下降  $\Delta y$  时债券市值， $V_0$  是当前的债券市值。将各年期关键利率久期相加得到整体的关键利率久期。

关键利率久期相较于修正久期有一些优势：

修正久期关注于整体的市值变动，关键利率久期则可有效识别收益率曲线每个部分的变动；其可以在保持收益率曲线上其他收益率不变的情况下，改变特定期限的收益率，进而衡量债券组合对这种变化的敏感度；关键久期表明收益率曲线的移动由多种市场因素驱动；使用关键利率久期可更简便地利用零息债券复制内嵌期权的资产组合；再者，关键利率久期选取关键期限，简化了计算步骤。

#### 四、实证分析

在实证分析部分，本文将在对比分析两种利率期限模型基础上，用一个具体的实例来对构建资产负债引力模型，为我国寿险业的资产负债管理提供理论依据和数据参考。

##### （一）两种利率期限结构对比

为定量对比研究偿二代利率期限结构与结合中国实际改进的 S-W 利率期限结构，本文从具体产品出发，计算出利率结构与准备金结果。

##### 1. 研究产品及假设

本文以一款两全保险产品为例进行研究，其具体给付情况如下表 1 所示。

表 1. 两全保险产品

项目	金额	时间
年缴保费	46,000	10 年
生存给付	15,000	第 3 个保单周年日开始至 60 岁
	18,000	60 岁至 80 岁（默认去世）
祝寿给付	50,000	60 岁保单周年日
身故给付	保费的 105%	最多至 80 岁（默认去世）

假设 2013 年初投保年龄 30 岁，保额 100,000。准备金评估的精算假设为：

(1) 折现率: 分别以 S-W 模型的利率结果和 750 天移动平均国债收益率为无风险利率，并以 100 基点为风险溢价。其中，S-W 模型以 1 ~ 50 年的银行间固定利率国债即期收益率为输入数据， $UFR^1 = 5.3\%$ ， $T2 = 90$ ， $\alpha = 0.1$ 。

(2) 死亡率: 被保险人的死亡率服从《中国人寿保险业经验生命表(2010 ~ 2013)》，因该产品含有生存金给付责任且生存责任较高，故采用其中的 CL5-6。

(3) 其他: 年末给付各项保险责任。

## 2. 计算结果及分析

以 2013 年、2014 年和 2015 年末为评估时点，分别得出各年末 S-W 模型下的利率期限结构。并将其与相同时点下的 750 天移动法下利率期限结构作对比，结果如图 1。

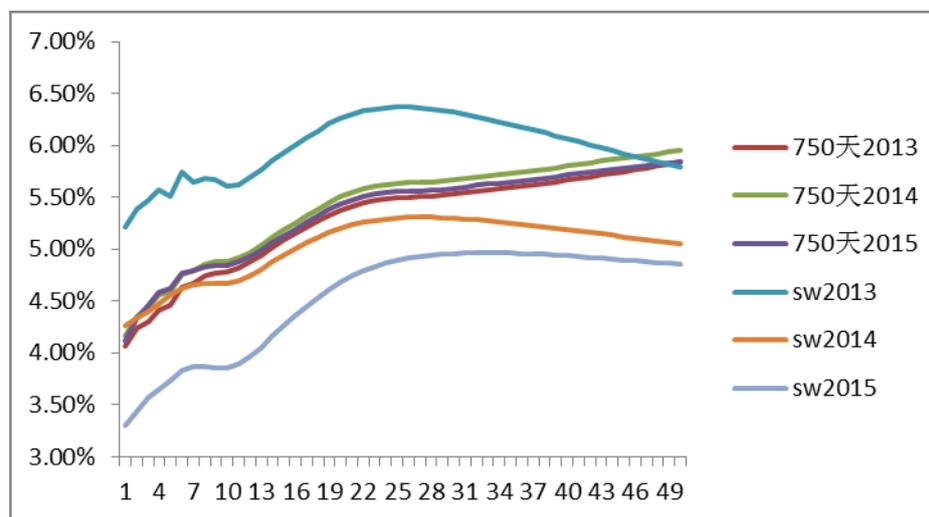


图 1. 750 天法与 SW 法比较

<sup>1</sup>关于 UFR 的假设，孙煜（2012）通过研究中国 1994—2009 年间的平均通货膨胀率后发现，QIS5 建议中国采用 2% 的通货膨胀率并不合适。张舒（2016）指出长期实际利率既反映了短期实际收益率的变化，又隐含了期限溢价，因此可用长期实际利率代表短期实际利率和期限溢价之和。采用美国 10 年期 TIPS 利率代表中国长期实际利率，在暂不考虑凸性影响的情况下，最终中国的 UFR 为 5.3%，长期通货膨胀率 3.6%。

由图 1 可知, S-W 方法下各年度图形有显著差异, 且变动趋势与实际利率变动趋势相似, 而 750 天移动平均法下各年度图形基本维持原状。在两种利率方法下, 分别计算出产品准备金(如图 2), 并与实际利率计算的产品准备金结果比较。

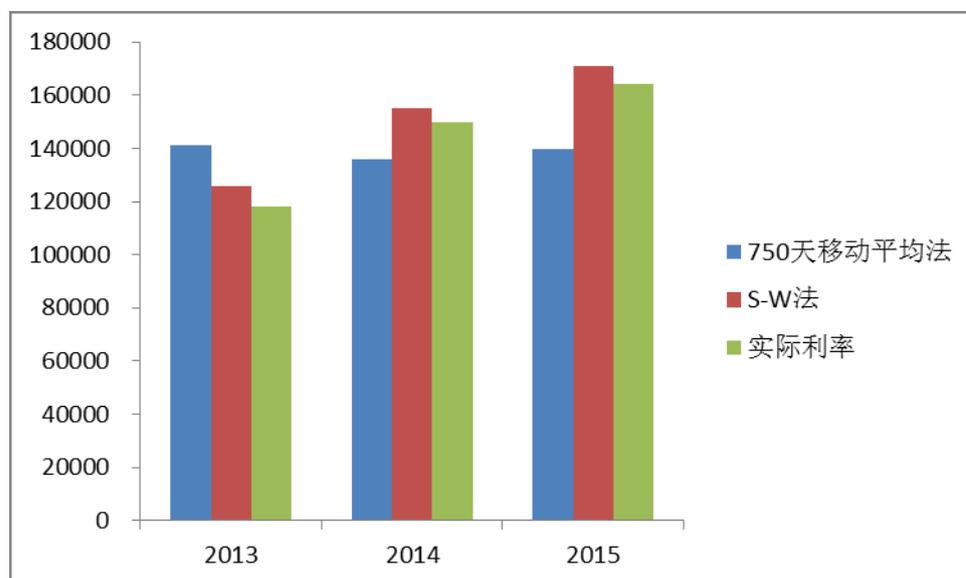


图 2. 两种方法下准备金对比图

如图 2 所示, 在已知实际利率逐年递减的情况下, 采用 S-W 法利率期限结构计算的准备金与实际利率计算的准备金匹配度较好, 而采用 750 天移动平均法利率期限结构计算的准备金基本维持原有水平, 无法反映实际情况。

准备金是保险公司偿付能力资金的主要组成部分, 而利率假设对寿险公司准备金的评估具有决定性的作用, 因此, 中国监管机构在第二代偿付能力监管体系中如何选择利率模型, 对未来保险公司甚至保险行业的偿付能力都有重要影响。本文结合中国实际与前人研究成果, 构建 S-W 利率模型。

## (二) 寿险资产负债引力模型实证分析

### 1. 样本选取

由 2015 年度寿险公司保费收入排名情况, 并综合各方面考察, 选取泰康人寿保险股份有限公司作为样本进行研究。评估资产负债情况的主要信息来源于泰康官网的披露信息。例如泰康 2015 年报等。利率数据来源于 SolvencyII 中利率期限结构模型与 1 ~ 50 年的银行间固定利率国债即期收益率。

为分析利率变动对我国寿险公司资产负债管理的影响, 利用泰康具有代表性的保险进行负债评估, 体现其经营状况(折现率采用 S-W 法下计算出的利率)。并针对该保单的现金流特点, 运用资产负债引力模型, 在我国债券市场中选取适当的债券集合(主要是国债和金融债)来对该保险产品现金流合理配置, 从而更好地完成资产负债管理。

### 2. 负债评估

保险负债现金流, 取自持续经营假设下运行结果。

保险负债现金流= 保费收入（含续期保费）-退保金-赔付支出-生存给付-佣金-管理费-  
 保险保障基金+累积生息生存金和红利调整+其他调整

累积生息生存金和红利调整涉及普通、万能账户和一般账户。其他调整是指可能对资  
 金支持型产品的退保金按照实际集中退保经验进行调整。

为了便于计算，假设被保险人从 30 岁到 60 岁均匀分布，被保险人中性别比为 1:1，且  
 保费都是趸交，红利采取累积生息的处理方式，并忽略其他费用。另外，假设这些保单都在  
 2013 年 1 月 1 日生效。

保险公司负债端既有产品价值贡献较大，但数据较难获取。因此，本文所指资产负债匹  
 配多基于新产品的匹配，属于增量概念。根据泰康人寿 2015 年年度信息披露报告，综合保  
 费收入与保险信息可获取性，选取选定泰康盈泰 A 款年金保险、泰康财富人生 E 款年金  
 保险（分红型）、泰康鑫享人生年金保险（分红型）、泰康健康人生终身寿险（分红型）、  
 泰康康佑人生两全保险（分红型）这五款产品进行分析。

### 3. 资产配置

目前我国寿险公司的资金运用有很大部分是银行存款，这些存款大部分是长期协议存  
 款。因其存款期限较长、利率由双方商定后保持稳定，故而短期利率上升或下降对该部分资  
 产的价值没有影响，所以利率变动对资产价值的影响主要体现在其债权以及其他资产投资  
 业务。

我国寿险公司目前可以投资的债券市场分为三类：国债、金融债和企业债。国债和金融  
 债安全性高，流动性强，因此构建资产负债引力模型所需债券将在国债和金融债中进行选取。  
 我们在分析负债结构特点后，筛选出 18 支比较合适的债券作为债券集合。考虑到有效性，  
 尽量挑选发行量较大、流动性较好以及信用评级较高的债券。

### 4. 资产负债匹配

保险公司的资产负债管理为负债导向。在销售保险产品的基础上搭配合适的资产进行管  
 理。因此本文基于五个保险产品，在 18 个资产中进行逐一筛选比对，从而合理匹配。

将资产负债进行匹配，以期限为基本条件，关键久期、收益率为要求条件。期限、关  
 键久期、收益率均按照样本情况确定合理的组间距，划分为一定等级，便于匹配。

表 2. 负债与资产等级表

负债	关键久期	到期收益率	期限	资产	关键久期	到期收益率	期限
1	C	E	E	1	A	C	C
2	D	E	D	2	D	A	D
3	C	E	C	3	C	D	E
4	B	D	B	4	C	D	E
5	D	E	E	5	C	D	E
				6	C	D	E

	7	B	A	D
	8	A	E	C
	9	B	C	D
	10	C	E	E
	11	C	D	E
	12	E	A	E
	13	E	A	E
	14	D	A	D
	15	C	D	E
	16	A	A	E
	17	D	C	E
	18	D	C	E

运用资产负债引力模型，通过编程求解，得出资产负债引力模型匹配结果如表 3 所示：

表 3. 资产负债匹配结果

负债	1	2	3	4	5
资产	10	3	4	5	6

任意一对资产负债的配对按某一标准可能配对成功或不成功。利用电荷引力原理可以描绘它们的匹配过程。在这里双方的匹配度主要反映出负债对不同资产的契合情况，相互的匹配度越高，配对的成功率就越大。因此，通过提升配对方式，在负债导向下，提高资产负债配对成功率，有利于保险公司优化资产负债管理。

## 五、结论

本文结合银行间固定利率国债即期收益率与具体的保险产品实例，从改进利率期限结构着手，再构建资产负债管理模型，最后实证分析资产负债管理，从而减少保险业经营风险，促进全面风险管理。得出以下结论：

首先，利率期限结构模型中，S-W 法相对于 750 天移动平均法具有相关优势，更贴近于实际利率。但是，由于 S-W 模型完全契合了市场利率的每一个点，导致其不能降低市场利率波动带来的不利影响。建议参照 Solvency II 利率期限结构，结合中国实际情况，对偿二代做出一定的改进。

其次，引力模型在寿险公司资产负债管理中的应用具有可行性，然而引力模型中指标的选取受限制较多。未来的研究中可开阔思路，发掘出更多的指标以构建更为完善的引力模型。

最后，资产是存在客观市场价值的现金流，保险公司的负债端准备金约占 70%。而其为精算师根据实际数据及工作经验提取的数字，具有一定主观性。因此，资产负债匹配存在相对性，追求过于精准的匹配会影响公司的经营效率。

## 参考文献

- [1] 张惠秋,包振强,杨雨露,李宁川,任晓青. 多目标情景树算法研究及应用[J]. 无线电工程,2015,11:9-12.
- [2] 李秀芳,毕冬,陈孝伟. 基于二层规划的寿险公司资产负债管理研究[J].保险研究, 2016,03:73-83.
- [3] 孙清,陈靖元: 基于引力模型的商业银行流动性风险管理[J].经济问题,2011,82-85
- [4] 王国军,王德宝,度国柱.我国出口信用保险对出口贸易的促进作用研究——基于引力模型的多层次、多方式实证分析[J].保险职业学院学报(双月刊),2014
- [5] Bragt, D. V., H. Steehouwer, and B. Waalwijk, Market Consistent ALM for Life Insurers—Steps Toward Solvency II[J].Geneva Papers on Risk and Insurance Issues and Practice, 2010
- [6] Alexander Braun, Hato Schmeiser, Florian Schreiber. Portfolio Optimization Under Solvency II:Implicit Constraints Imposed by the Market Risk Standard Formula [J].The Journal of Risk and Insurance ,2015
- [7] Hoering, D.. Will Solvency II Market Risk Requirements Bite? The Impact of Solvency II on Insurers' Asset Allocation[J]. The Geneva Papers on Risk and Insurance Issues and Practice, (2013)

## A Study on Asset and Liability Matching Management of Life Insurance Company Based on Gravity Model

ZHANG lin , CHENG Yuqi

(Hunan University, Changsha/ Hunan, 410079)

**Abstract:** Since January 1st, 2016 C-ROSS has been effective ,which is a chance as well as a challenge for asset and liability management of life insurance company. As the same time, the field where insurance fund is allowed to invest becomes broader and broader. Therefore, asset and liability management of life insurance company is the focus of investigator. We try to establish the asset and liability management model based on the gravity model in order to address the mismatching problems in the traditional method, and minimize the enterprise risk of life insurance company. The research results indicate that the gravity model is available on asset and liability management, therefore has certain theoretical value and practical significance. And SW method has some advantages over 750days method.

**Keywords:** Solvency II ; Asset and Liability Management; Gravity Model ; S-W Method

### 作者简介(可选):

张琳(1963.3至今),女,湖南长沙人,教授,管理学博士,湖南大学金融与统计学院风险管理与保险精算研究所所长,中国保险学会理事、中国精算师协会正会员,研究方向:保险精算。

程育琦(1992.4至今),女,河北张家口人,湖南大学金融与统计学院硕士研究生。