

长寿风险及管理研究综述*

郭金龙 周小燕

[摘 要]长寿风险是老龄化社会的重要风险之一,我国已于 1999 年进入了老龄化社会,因此全面整理与分析长寿风险的国内外研究文献、探讨我国目前长寿风险现状具有重要的理论与现实意义。本文从长寿风险的识别、量化与管理三个层面对长寿风险的研究进展进行了梳理,并基于上述文献对目前我国长寿风险管理存在的问题进行了分析,提出相关建议,以期促进我国长寿风险的有效管理。

关键词:长寿风险 老龄化 养老保险

JEL 分类号:C53 G22 J11

一、引言

创造大量物质财富的工业化是迄今为止人类文明进程中最辉煌的阶段,随着全球工业化进程的推进,人类生活水平持续提高,生存环境极大改善,其最终表现为工业化国家的人均预期寿命大幅度提高。中国著名社会学家潘光旦先生曾在 20 世纪 20 年代留下“财丁不能两旺”的名言,即人一旦获得财富并走入富裕社会,其生育率将下降。人口生育率、人口死亡率是影响世界人口状况的重要指标。在经济社会迅速发展、医疗技术和教育水平明显提高的 21 世纪,人口死亡率大幅下降,人口出生率也持续走低,尤其是西欧部分发达国家的人口增长率甚至出现负值。据联合国《世界人口展望(2010 年版)》(图 1),北欧、北美等发达国家聚集区出生时人均预期寿命在 1950 年仅过 60 岁,2010 年超过 70 岁接近 80 岁,到本世纪末可达 88 岁。此外最欠发达的非洲地区出生时人均预期寿命在 2100 年也可至 76 岁,且人均预期寿命的增长速度最快。1950 年 60 岁及以上的人口只占世界人口总数的 8%,2011 年上升至 11.2%,预计 2050 年达 22%,其具体数值约 20 亿。作为人口大国的中国,联合国人口署曾预测至 2050 年 80 岁及以上人口为 9830 万,2100 年达 1 亿 7 百万(United Nations, 2011)。老年人口占比的增加及人口生育率和死亡率的下降,不可避免地带来人口老龄化^①问题。一方面老年人的社会保障费用支出加大;实行高所得税、高社会福利政策的部分欧洲国家,社会保障费用支出已接近国民收入的 1/3,愈演愈烈的欧债危机与之有着密切联系;美国某些年的养老金开支超过国防费用,成为主要的财政支出项目。我国新型农村社会养老保险、城镇居民社会养老保险和城乡居民社会养老保险基金三项社会养老保险基金支出 2011 年合计 797.20 亿元,比 2005 年增长 65.94 倍^②;另一方面劳动年龄人口比重的下降和社会抚养比的上升将导致劳动力供给不足及劳动力成本增加;中国人口老龄化的快速发展将使经济的“人口红利期”逐渐消失,劳动力成本随之逐步上升,一些产品在国际市场上的竞争力随之下降,影响中国经济的长远发展。因此长寿风险是老龄化社会的重要风险之一。

* 郭金龙,中国社会科学院金融研究所,研究员,博士生导师;周小燕,中国社会科学院研究生院,博士研究生。

① 人口老龄化(aging of population)是指总人口中因年轻人口数量减少、年长人口数量增加而导致的老年人口比例相应增长的动态过程。国际上通常将 60 岁以上的人口占总人口比例达到 10%,或 65 岁以上人口占总人口的比重达到 7%作为国家或地区是否进入老龄化社会的标准。

② 《中华人民共和国审计署 2012 年第 34 号公告:全国社会保障资金审计结果》,2012 年 8 月 2 日。

二、长寿风险的识别

(一) 长寿风险的概念

长寿风险(Longevity Risk)从广义上是指人口未来的平均实际寿命高于预期寿命,进而导致所积累财富短缺的风险,它与死亡风险、人口风险存在一定的差异。死亡风险是指未来死亡率不确定产生的所有风险,包括死亡率上升和死亡率下降等,长寿风险仅指死亡率长期趋势的不确定造成的风险(Cairans, Blake and Dowd, 2006a)。人口风险

则是由影响人口的各种因素所造成的风险,包括人口死亡、性别、地理分布、人口结构等多种因素。据现有国外研究文献可知,长寿风险通常从个体和整体两个层次来理解(MacMinn, Brockett and Blake, 2006; Stallard, 2006)。个体长寿风险(Individual Longevity Risk)是指个人在其生存年限内的支出超过了自身所积累财富的风险,此类风险具可分散化特征,能通过参加养老保险计划、购买年金产品进行管理。聚合长寿风险(Aggregate Longevity Risk),是一个群体的平均生存年限超过了预期年限导致的风险,该风险无法根据大数法则进行分散,具有系统性风险特征(Milevsky, Promislow and Young, 2006; Cairans, Blake and Dowd, 2006b)。Blake(2008)将长寿风险分解为聚合长寿风险(Aggregate Longevity Risk)和可分散化长寿风险(Specific Longevity Risk),公共部门可对冲转移聚合长寿风险,私人部门可对冲转移可分散化长寿风险。Blake等(2009)提出退休金计划的长寿风险由建模风险(Modeling Risk, 选择死亡率估测模型产生的风险),趋势风险(Trend Risk, 由于社会经济环境或卫生保健改善造成寿命未预期重大变化的风险)和随机变化风险(Random Variation Risk, 死亡率偏离预期值的随机风险)三种潜在风险驱动形成。私人机构可利用多元化投资和大数定律降低或消除建模风险和随机变化风险。趋势风险类似于通货膨胀风险,个人无法有效管理。Zugic等(2010)认为长寿风险主要由波动风险(Volatility Risk)、死亡率水平风险(Mortality Level Risk)和死亡率趋势风险(Mortality Trend Risk)三个风险因素构成。波动风险是指个人死亡的随机风险,较预期或早或晚;死亡率水平风险是对现有个人或群体死亡率水平错误预估的风险;死亡率趋势风险则是对未来死亡率水平错误预估的风险。波动风险和死亡率水平风险具有可分散化性质,能通过多元化方式予以降低或消除,而死亡率趋势风险则在较大程度上具系统性风险性质。

(二) 长寿风险的承担主体

瑞士再保险公司(Swiss Re)和相关学者的研究通常将政府、保险公司、企业和个人作为长寿风险的四个主要承担者。

对政府而言,所面临的长寿风险主要来自未来社会保障方面的巨额支出,尤其是实行收益确定型模式(Defined Benefit, DB 模式)退休金计划的国家。如果退休金领取者的未来实际寿命高于预期,政府就必须配置大笔额外的资金来满足未来退休金的发放,最终这部分支出国家财政“兜底”,由纳税人承担。国际货币基金组织研究报告指出“如果人均实际寿命比预期多三年,因老龄化所致的累计支出将占发达国家 GDP 的 50%,发展中国家 GDP 的 25%”(McMullan, Wologiewicz and Singleton, 2012)。Swiss Re 报告也指出“只要低估预期寿命仅一年,就会增加退休金计划 5% 的额外费用”(Tamm and Kirova, 2011)。目前我国社会基本养老保险实行现收现付制计划,一旦未来养老

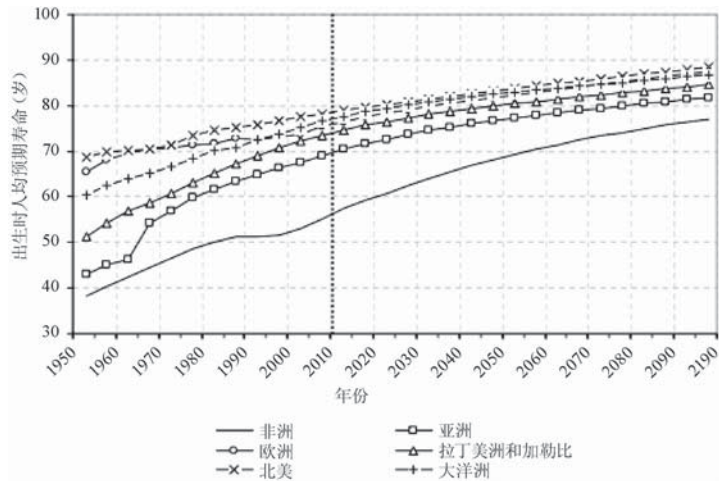


图1 1950~2100年全球主要地区出生时人均预期寿命

数据来源:United Nations (2011)。

金领取人群占比增加及平均领取养老金期限延长,就可能造成社会基本养老金的巨额短缺,从而阻碍未来社会经济的稳定发展。截至 2011 年底,剔除财政补贴后的中国城镇职工基本养老保险收支缺口达 767 亿元,个人账户空账金额高达 2.2 万亿元(郑秉文,2012)。人口老龄化加快和养老保险个人账户大部分空账运行,给社会保障长期资金的收支平衡和基金保值增值造成巨大压力。

对保险公司而言,所面临的长寿风险主要来自保险公司的各种年金产品。当年金产品预测的死亡率高于实际的死亡率水平,即年金领取者的实际生存年限高于年金产品的初始值,年金产品支付期延长将导致年金产品成本意外增加,保险公司因而遭受损失,其损失程度由年金产品初始值与实际值的偏差幅度决定。此外年金产品的定价依赖于给定的生命表,生命表具有滞后性特征并随老龄化现象的出现而加重;年金产品的负债久期增加也易受利率波动的影响,进而加大保险公司的经营风险。而再保险公司接受蕴含长寿风险的再保险计划,若本身风险得不到有效管理,所面临的长寿风险也将不容忽视,同时随着时间变化,累积效应越来越明显,影响越来越大,管理风险的成本也越来越昂贵,最终可能导致正常的经营活动难以为继。

对企业而言,所面临的长寿风险主要来自企业年金计划。参加收益确定型(DB 模式)企业年金计划的职工若实际寿命高于预期寿命,当年金计划所有的资产耗尽后,企业需配置额外资金弥补其缺口,这对企业的长期发展有着一定压力,往往最终会损害企业所有者利益甚至会造成企业破产。如 IBM、British Airways 等国外大型企业曾因各自的年金计划承受巨大的财务负担。目前我国的企业年金采取的是缴费确定型模式(Defined Contribution,DC 模式),企业年金的规模较小,且为个人账户下的完全积累式,因而聚合长寿风险不存在,但是企业职工可能会由于个人财富积累不足面临个体长寿风险。

对个人而言,所面临的长寿风险主要来自个人所积累财富不足以支撑未预期的生存年限,从而遭遇保障不足或无力支付生活费用的风险。除了实施高福利政策的部分欧洲国家,其他多数国家民众仍需储备部分个人资产用于退休后开支,尤其是社会保障程度较低、社会保障体系发展不完善的国家。同时,由于未来财富需求意识和金融理财知识的缺乏,民众错误估计退休后的费用、高估退休后继续工作的能力、低估个人的生存年限等等,也会导致个人退休后资产积累不足。目前我国传统家庭养老方式的脆弱性与社会基本保障的不足加大了个人所面临的长寿风险。

三、长寿风险的量化

(一)死亡率的预测

长寿风险源于人口寿命的非预期变动,一般可用人口死亡率或生存率来衡量。尽管对未来死亡率是否能预测或长寿风险是否能量化等问题学术上尚未达成共识,但多数的研究结论倾向于长寿风险可量化。Stallard(2006)指出现有人口数据和死亡率模型已为死亡率的预测提供了必要条件,长寿风险因而可以量化。因此如何准确估测未来人口死亡率或生存率是长寿风险度量的关键,也是长寿风险管理的基础。

目前最为广泛应用的方法是利用有关模型对死亡率及其变动趋势进行估测,大致分为静态死亡率预测模型、随机动态模型以及其他由利率模型、市场模型等衍生出的模型。静态死亡率预测模型假定死亡率量化的基础仅与年龄因素相关,未考虑时间变动的影响,只是从死亡率经验数据确定参数,未考虑未来死亡率趋势变动的不确定性。静态死亡率预测模型主要出现在这一领域早期的研究当中,如广义线性模型(Forfar et al.,1988)、Helligman-Pollard(HP)模型(Helligman and Pollard,1980)、Perks 模型(Thatcher,1999)和死亡率因素模型(Carriere,1992)等等。Forfar and Smith(1988)、Sithole(2000)等在模型中考虑了时间变动的影响后,提出了广义线性模型和 HP 模型的动态扩展模型。

随着死亡率预测模型研究的深入,出现了大量随机动态模型的研究成果,大致可分为离散型

和连续型两大类。国家的有关机构以年份、个人年龄等指标公布人口死亡状况相关数据的惯例最初促进了随机离散型模型(Discrete-Time Stochastic Model)的发展。这个阶段主要是运用短期利率模型(Short-Rate Model)来分析人口统计数据并预测年度人口死亡率数据,但是也有部分研究利用 P-splines 模型和离散时间的市场模型(Discrete-Time Market Model)。

Lee and Carter(1992)首次运用随机离散模型估测预期寿命。Lee-Carter 模型不仅简单易运用,而且可以得出相对准确的死亡率预测数据和人口预测数据,但它是一个是单因素模型,无法消除未来死亡率的不确定性及死亡率变化率之间的相互影响。之后大量的研究致力于 Lee-Carter 模型的扩展与完善,包括 Renshaw, Haberman and Hatzoupoulos(1996), Brouhns, Denuit and Vermunt(2002), Renshaw and Harberman(2003), Denuit, Devolder and Goderniaux(2007), Li and Chan(2007), Yang 等(2010), Hainaut(2012)等。同时有关的文献发展了两因素死亡率的 Lee-Carter 模型,其主要的特征是在死亡率模型中考虑了出生年效应(Cohort Effect),如 Renshaw and Haberman(2003)的研究以及 Currie(2006)的 APC(Age-Period-Cohort)模型。Cairns, Blake and Dowd(2006)在同时考虑出生年效应和二次年龄效应(Quadratic Age Effect)后提出了 Cairns-Blake-Dowd 模型(CBD 模型)。Cairns 等(2007)利用英格兰、威尔士和美国的人口数据实证分析了八个随机死亡率模型后,扩展了 CBD 模型。Delwarde 等(2007)则运用 P-splines 对 Lee-Carter 模型做了进一步完善。

在离散型随机模型有着大量研究的同时,不少学者也开始致力于利用连续型随机模型估测死亡率。Milevsky and Promislow(2001)首次提出运用随机连续模型估测死亡率,这篇文献连同 Lee and Carter(1992)共同奠定了利用随机动态模型研究人口死亡率的基石。之后 Dahl(2004)、Biffis(2005)、Dahl and Moller(2006)、Miltersen and Persson(2005)、Schrager(2006)、Hainaut and Devolder(2008)对连续随机模型有深入研究与扩展。随机动态模型的最新成果还包括 Hyndman and Ullah(2007)、Cairns 等(2009)、Plat(2009)、Debon neuil(2010)等等。

除了以上静态与随机动态死亡率预测模型外,部分学者也探索了其他死亡率预测模型,如 Pollard(1987)、Tuljapurkar and Boe(1998)、Tabeau 等(2001)、Pitacco(2004)、Wong-Fupuy and Haberman(2004)、Booth(2006)、Booth and Tickle(2008)、Pitacco 等(2009),以及 Giacometti 等(2012)通过与 Lee-Carter 模型比较分析后提出 AR-ARCH 死亡率估测模型等等。

(二)长寿风险的定价

传统的固定收入证券及其衍生产品可运用即期收益曲线和无套利分析方法进行定价。但是目前长寿风险和死亡率指数衍生产品市场具不完全性和死亡率数据不可靠的特点,因而无法运用无套利分析方法来定价。据已有的与长寿风险定价相关的文献按照所运用方法大致可将其分为以下几类:

1. Wang 转换

Wang(2000, 2002)将概率分布转换的方法用于金融和保险风险的定价,提出一类新的转换,即 Wang 转换,并与 CAPM 模型、Black-Scholes 期权定价公式进行比较分析,得出 Wang 转换可以复制 CAPM 模型和 Black-Scholes 期权定价公式的结论。Lin and Cox(2005)首先运用 Wang 转换对生存债券进行了定价,得出了长寿风险的市场价格;Cox, Lin and Wang(2006)通过研究瑞士再保险公司发行的生存债券和死亡风险的定价,表明该方法可用于死亡率指数衍生证券的定价;Dowd 等(2006)、Denuit, Devolder and Goderniaux(2007)和 Lin and Cox(2008)做了进一步研究与扩展。

2. 瞬时 Sharpe 比率(Instantaneous Sharpe Ratio)

这种方法首先由 Milevsky, Promislow and Young(2005)提出,假设持有不可分散的长寿风险一方需要得到风险溢价报酬,那么这一方有多个(瞬时夏普比率)的标准偏差组合,小样本的风险已经分散,标准偏差是源自一个假定的死亡率变化过程。更多的研究包括 Young(2008)和 Bayraktar 等(2009)。

3. 风险中性(Risk-Neutral)方法

根据金融经济学理论,在一个非完全证券市场,假设不存在套利机会,则至少存在一种风险测度可以用于确定证券的公平价格,该测度称为风险中性测度 Q ,与实际概率测度 P 相对应。Milevsky and Promislow(2001)、Dahl and Moller(2005)、Biffis(2005)、Cairns,Blake and Dowd(2006)、Bauer,Boerger and Russ(2008)将风险中性方法应用于死亡率指数衍生证券定价的研究。

此外,Liao,Yang and Huang(2007)运用信用分级技术(Credit Tranche Techniques)给长寿债券定价。Li and Ng(2011)为了避免参数风险与模型风险,运用基本无参数的“Canonical Valuation”方法为死亡率指数衍生证券定价。Kim and Choi(2011)中运用了“Percentile Tranching”方法。田梦和邓颖璐(2013)在 Lee-Carter 模型基础上利用双指数跳跃扩散模型(DEJD 模型)度量了中国人口的长寿风险,并得出了 q 远期的中国定价。

四、长寿风险的管理

老龄化迅猛的发展趋势是重视长寿风险研究的重要诱因,较早进入老龄化的西欧、北美、澳大利亚、日本等经济发达的国家与地区就如何管理长寿风险已有大量的研究成果与实践经验。但长寿风险并不是一种简单的金融风险,而是一种新型的、影响广泛且日益严重的社会风险,与个人、国家的发展息息相关。长寿风险管理中难以预测的死亡率数据、逆向选择、道德风险及短视等问题阻碍了现有风险管理方式效果的发挥,致其最终表现差强人意,因而长寿风险管理仍面临巨大的挑战和广阔的研究空间。

(一)风险自留

风险自留也称风险承担,是指风险主体非理性或理性地主动承担风险,即风险主体以其内部的资源来弥补损失。非理性承担可源于风险未被发现或意识不够,刚进入或即将进入老龄化的国家和地区主要是此种风险承担形式。理性承担方式在长寿风险管理应用颇多:风险主体(如保险公司)在预期投资回报足以弥补风险损失时,可将长寿风险视为一种普通商业风险加以管理(Blake, 2008);风险主体也可在不同产品、地区和社会经济团组(Socioeconomic Groups)中分散长寿风险,典型策略如自然对冲技术。长寿风险一般会给保险公司的死亡险产品带来死差益,给养老年金产品造成死差损,从而保险公司在一定程度上可以在这两种产品中对冲长寿风险。Huang 等(2007)和 Kim(2007)提出运用死亡险产品和年金险产品的资产组合实现长寿风险对冲的动态套期保值技术。Milevsky and Promislow(2001)指出可以运用死亡险产品和零票息债券的资产组合对养老产品进行套期保值。Wang 等(2010)提出嵌入随机动态死亡率的免疫(Immunization)模型计算寿险年金产品的最优组合比率对冲长寿风险,通过利用美国实际死亡率数据和保险产品数据验证此方法可有效降低寿险公司的长寿风险。但是自然对冲策略中产品难以同时匹配、额外开支增加、经营风险加大等不足致使此项技术在保险公司的实际操作中难以实现 (Blake and Burrows, 2001; Cowley and Cummines, 2005; Cox and Lin, 2007)。

(二)再保险

再保险是管理长寿风险的一种传统手段。Linfoot(2010)从再保险的角度分析了长寿风险融资(Longevity Risk Financing),他指出购买再保险是基于整合企业年金基金支持方的资产负债表,满足保险公司与某些企业的资金监管要求以及提高保险公司分散化投资程度的目的。再保险公司愿意承担长寿风险的再保险需求的原因有以下几个方面:死亡率分析与资本配置是再保险公司的核心能力;可据风险偏好自由接受或排除投资风险;与保险公司基本的业务往来并且与传统的资产组合存在负相关性。但同时他认为此种负债业务无法转入公司资产负债表、监管与数据共享程度不够、不足的索赔核准等因素阻碍了再保险管理方式效应的发挥。此外再保险费用昂贵且存在潜在的对手交易信用风险。Bauer(2006)也指出由于长寿风险具系统性风险不可分散的特点,对长

寿风险的再保险需求相对有限。但 Richards 等(2004)提出保险公司与退休金机构对长寿风险不断增长的再保险需求和长寿风险不断改进的量化手段能够提高再保险公司对此项业务的意愿。

(三)年金及年金市场

年金是通过积累资金或趸缴保费提供资金,以支付一定时间内定期或不定期的现金给付,通常用于补充退休后的养老金收入。不确定的社会保障退休金领取额和多数企业年金计划由 DB 计划向 DC 计划转变的趋势催生了年金市场的发展,通过购买年金使得个人获得现金流能应对寿命延长而储蓄不足的风险。Scotti(2007)详细探讨了作为长寿风险私营解决方案的年金,介绍了国际年金市场概况、年金与风险保护等多个方面,表明年金是应对长寿风险的有效方式之一。尽管利用年金应对长寿风险的需求日渐上升,但是目前的年金市场仍是不完全市场。Antolin(2006)从需求与供给两个方面分析了原因:需求方面包括信息不对称引致的逆向选择和偿付能力与会计制度的监管要求;供给方面包括产品设计缺乏多样性、风险主体对金融知识缺乏了解等等。OECD 保险与私人养老金委员会报告(2005)指出年金产品的定价困难、风险匹配资产的缺失同样影响年金产品的供给。

(四)证券化

长寿风险证券化实质是在资本市场构造发行与长寿风险相连接的金融产品及衍生品,产品收益与死亡率或生存率挂钩,将长寿风险转移到资本市场的风险管理方式。传统的长寿风险管理方式存在流动性不足、市场容量不够、交易透明性不高等问题,长寿风险证券化的这种低成本且有效的风险管理方式得到众多学者、机构的关注与研究。长寿风险证券化既可提供额外的市场容量、足够的流动性与透明度,还具有带来价格发现以及减少信息不对称的优点。资本市场的参与者越多,风险承担越分散,风险管理越容易。现有的长寿风险相关证券大致包括长寿债券、死亡率/生存互换、死亡率/生存期权、死亡率/生存期货、q 远期等几类。

1. 长寿债券

长寿债券,又称“生存债券”、“死亡率债券”,由 Blake and Burrows(2001)首先提出,可对长寿风险进行套期保值,该长寿债券的未来息票给付依赖于某个死亡率指数。长寿债券可大致分为两类:一是本金受险的长寿债券,该债券持有者可能会因死亡率及相关事件发生而损失部分或全部本金;二是利息受险的长寿债券,即债券利息支付随死亡率波动而变化,变化方式包括利息支付是死亡率指数的连续函数和投资者因死亡率指数超出某一约定值而损失部分或全部利息(艾蔚, 2011)。Blake 等(2006)对长寿债券进行了深入的讨论,指出设计长寿债券需考虑的因素,并提出零息票长寿债券(Longevity Zeros, LZs)、经典长寿债券(Classic Longevity Bonds)、本金有风险的长寿生存债券(Principal-at-Risk LBs)、反向长寿生存债券(Inverse LBs)、抵押长寿债券(Collateralized Longevity Obligations, CLOs)等多种不同形式的长寿债券。Lin and Cox(2005)提出的一般长寿债券结构。



图 2 长寿债券结构

瑞士再保险公司于 2003 年 12 月首次发行并成功运作为期 3 年的死亡率巨灾债券,以便公司应对严重恶化的死亡率风险。欧洲投资银行(European Investment Bank)在 2004 年 11 月发行了与 Blake and Burrows(2001)提出的“经典长寿债券”较为接近的 EIB/BNP 长寿债券,但其最终发行失败。Blake 等(2006)深入讨论了发行安排与发行失败原因,单产品设计方面的缺陷就包括存在基差风险、资本约束多、透明度不高等等。Kim and Choi(2011)详细探讨了“反向长寿债券(Inverse Survivor Bond)”,结构如图 3 所示,债券的息票收入基于某生存群组的生存人数。

2. 死亡率/生存互换

死亡率/生存互换是合同双方约定基于未来至少一个死亡率或生存率及其指数结果来交换现

金流的合约。较之长寿债券,死亡率/生存互换具有交易成本低、形式条款灵活、易对冲等多种优势,有利于参与人改变长寿风险暴露状态和控制基差风险,但同时也面临流动性风险和交易对手的信用风险。目前执行的多数死亡率/生存互换为私下交易模式且期限较长,交易价格既不公开又受限于交易各方的谈判结果。2007 年 4 月

瑞士再保险公司和英国友诚保险的寿险部进行了第一次公开实质意义上的长寿风险互换交易。2008 年 2 月第一笔资本市场中的长寿风险互换交易则发生在英国保险公司 Lucida 和 JP 摩根之间。Lin and Cox(2005)提出了生存互换交易机制的现金流结构(图 4)。

Dowd, Blake, Cairns and Dawson (2006)对上述生存互换有进一步探讨。Barrieu and Albertini(2009)详细论述了死亡率/生存互换,包括 JP 摩根 2008 年已执行的互换合约。

3.死亡率/生存期货、期权

死亡率/生存期货是从金融期货中发展形成的,通常以发行的长寿债券、死亡率指数等可交易资产作为合约基础资产。以发行的长寿债券为标的的期货需要存在完善的长寿债券市场,这个市场价格透明度高、波动性强、并且套期保值和投机需求旺盛。以死亡率指数为标的的期货则需要选择合适的死亡率指数,这是死亡率/生存期货是否成功发行的关键。死亡率/生存期权可选用与死亡率/生存期货相同或类似的标的资产,其区别是期权收益与基础资产价格或指数变动之间具非线性,能在购买期权后有效管理合约基础资产的不利变动影响。期货通常是标准化合约,期权的合约形式具灵活性。Blake, Cairns and Dowd(2006)初步探讨了死亡率/生存期货与期权。

4.q 远期

q 远期是 JP 摩根设计推出用于对冲长寿风险和死亡风险的一种简单资本市场工具,是合同双方约定在未来某一时点交换基于特定人群的实际(浮动)死亡率和约定(固定)死亡率计算现金流的合约,用确定的现期预测死亡率替代不确定的未来真实人口死亡率。人寿保险公司可利用 q 远期防范保单持有人死亡率的显著提高,养老金计划或年金计划可利用 q 远期应对计划参与者预期寿命的非正常增加。q 远期是构造其他复杂衍生品的基本构件,基于 Life-Metrics 指数的 q 远期更是创建流动性市场的标准合约。Coughlan 等(2007)详细探讨了 q 远期这种转移长寿风险和死亡风险的衍生品,其结构如图 5 所示。

(五)其他方式

Szymanoski(1994)提出长寿风险是可变的、可分散化的风险,因而可以利用住房反向抵押贷款有效管理长寿风险。Blake, Cairns and Dowd(2006)介绍了其他可用于管理长寿风险办法,包括:养老金计划的转售;限制年金的购买年龄,例如使养老金计划的购买延迟至退休日;用分红年金替代传统的非分红年金等等。谢世清(2011)详细介绍并比较了近年来西方保险公司应对长寿风险的几种创新解决方式,包括附保证变额年金、长期护理保险、反向抵押贷款和长寿风险证券化。

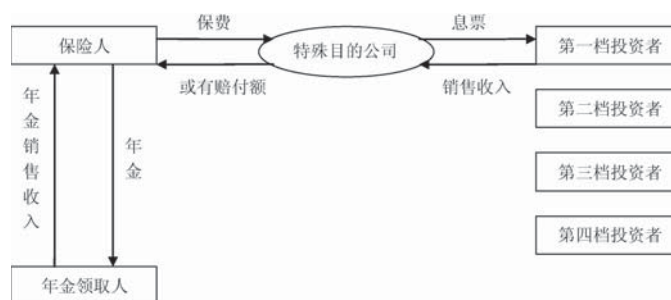


图 3 反向长寿债券



图 4 生存互换的现金流



图 5 q 远期结构

五、中国面临的长寿风险状况及政策建议

虽然长寿风险开始受到国内学者的广泛关注,但较之国外丰富的研究成果,国内对长寿风险的研究起步较晚,研究重点局限于定性层面,集中在长寿风险、长寿风险对年金影响以及证券化的简单介绍,缺乏系统认识,同时定量计算方面也未深入研究。目前这一领域的相关文献主要有:刘安泽和张东(2007)、傅亚平和王平(2009)、陆坚和夏毅斌(2010)、艾蔚(2011)、李志生和胡凯(2011)、祝伟和陈秉正(2008,2012)等等。

(一)中国长寿风险管理存在的问题

1.长寿风险日益严重,各方认识亟需提高

中国现行的职工养老保险体系是由基本养老保险计划、企业补充养老保险计划和个人养老保险计划三个不同层次的养老保险计划构成。基本养老保险实行社会统筹和个人账户相结合的制度,基本养老金实行现收现付制。随着人口预期寿命的延长、老龄化程度的加深及社会抚养比的下降,基本养老保险计划面临的长寿风险加剧,基金缺口扩大。截至2011年底,如果剔除财政补贴,全国城镇职工基本养老保险收不抵支的省份14个,收支缺口达767亿元;个人账户记账金额约24859亿元,但个人账户实有资金2703亿元,空账金额高达22156亿元(郑秉文,2012)。尽管政府有关部门就所面临的老龄化问题、长寿风险问题提出诸如延长退休年龄、做实个人账户、增加财政拨款、划拨国有资产增加全国社会保障基金、发行社会保障特定国债等建议,但能否有效管理长寿风险仍面临极大的挑战。中国的企业年金制度建设始于2004年,起步较晚且采取缴费确定型计划模式,既未有效发挥其补充养老保险的作用,又使企业年金的参保人和年金保险的保险人承担日益严重的长寿风险。我国商业养老保险的规模在国家政策的引导下继续保持稳定增长,由于寿险业对产品中蕴含的长寿风险认识有限及国内资本市场发展的不完善,我国未能对其提出可行的长寿风险应对措施。与此同时我国民众对长寿风险认识的缺乏和“养儿防老”传统思想的存在,也使得个体也面临严重的长寿风险。

2.人口数据缺失,死亡率测定困难

2006年及之前出版的《中国人口统计年鉴》和2007年开始出版的《中国人口和就业统计年鉴》是中国人口专业数据的唯一年鉴。由于统计口径和标准的多次改变及相关数据的难以收集,中国人口的死亡率数据存在不连续的特点,多个年份的数据缺失,同时死亡率数据也无法直接反映基本养老保险覆盖人群的死亡状况。2005年编制的《中国人寿保险业经验生命表(2000~2003)》所提供的数据也未考虑死亡率持续下降的趋势。中国死亡率数据缺失加之死亡率预测模型有待改进的现状使得国内学者对于死亡率预测的研究较少:仅卢仿先和尹莎(2005)、蔡正高和王晓军(2009)、杨刚(2009)、韩猛和王晓军(2010)、田梦和邓颖璐(2013)等采用Lee-Cater模型或以其基础的模型对中国人口死亡率进行了估计和预测。

3.保险监管模糊,行业潜在风险大

尽管对长寿风险影响养老保险产品的意识逐步增加,我国保险监管部门至今未对长寿风险作专门研究,提出明确的应对措施。我国保监会关于寿险公司计提准备金时采用《中国人寿保险业经验生命表(2000~2003)》中预定死亡率的规定,使得寿险公司的负债承担严重的长寿风险。

4.资本市场不完善,风险管理方式单一

中国资本市场是伴随经济体制改革逐步建立与完善的,具有起步晚、建设时间短等特点,限于建立初期特定的国情状况和内外环境,尽管现今取得较大成就,仍存在资本市场结构不平衡、金融投资产品匮乏、潜在系统性风险较大等主要问题。中国债券市场占比率较低,资本市场市场的投资工具不丰富,投资渠道和选择也相对稀少,加之投资者对长寿风险认识的缺乏,使得我国利用证

券化方式管理和转移长寿风险处于探索阶段,从而我国管理长寿风险的方式比较单一,更多地是通过自留方式加以管理。

(二)中国长寿风险管理的对策建议

1.提高长寿风险管理意识并研究其应对措施。预期寿命增加会给各风险主体带来财务风险,但由于我国民众金融理财知识薄弱且对长寿风险意识不够,无计划的自留风险相当严重,因此政府有关机构需加强民众的金融知识教育,同时逐步认识长寿风险存在,及早研究各风险主体所蕴含的长寿风险并制定应对措施。如政府养老金相关机构,既需尽快识别并衡量所含长寿风险,又需借鉴国外已有的养老金管理经验结合本国实际情况制定相应策略。陈秉正和祝伟(2009)提出了修改基础养老金的计发办法、增加国家财政对社会养老保险基金的投入并加强管理和适时推出延长退休年龄的方案等办法解决基本养老保险给付问题。此外,政府也可尝试发行长寿债券、将个人账户养老金给付年金化、购买养老年金产品等等措施转移长寿风险。

2.完善人口死亡状况数据收集和处理制度。完整、连续、精确、及时、公正的人口死亡状况数据是成功预测死亡率和生存率、制定长寿风险指数、构建长寿风险资产证券化产品、发展长寿风险资本市场的先决条件。针对中国人口死亡状况数据严重缺失的现状及老龄化快速发展的趋势,政府有关部门需完善人口死亡状况的数据收集和处理办法,及时公布相关死亡状况数据,成立专门机构对死亡状况数据进行系统化管理,全面收集与整理分析死亡状况数据,定期公布历史数据和预测数据(年或季度)、组织研究死亡率预测相关的手段与方法并与相关风险主体(如保险公司、企业、社会保险基金等)共享死亡状况数据与管理方式。

3.促进长寿风险资本市场的建立与发展。我国正处于经济转型的关键期,完善资本市场至关重要。长寿风险兼具系统性风险与周期长的特点,较适合发展资本市场并引进私人部门对冲风险,进而促进资本市场的稳定与完善。但是标准公开的长寿指数、公认的风险评估方式、标准化的风险合同、流动性强的二级交易市场等是建立良好长寿风险资本市场的前提(Zugic et al., 2010),而我国还处在长寿风险管理的初级阶段,不必急于建立完善的长寿资本市场,而应配合国家行业发展政策稳步推进。

4.明确监管范围,出台长寿风险合适的偿付能力资本指标。保险监管部门应重视长寿风险对整体保险业偿付能力产生的重大影响,明确保险业中长寿风险所涉及的产品、部门并衡量相应风险程度,制定合理的长寿风险偿付能力资本指标。如欧盟保险监管机构提出并于 2013 年正式生效的 Solvency II 中就对长寿风险偿付资本做出了基本指导。现行的长寿风险偿付能力资本是由欧洲保险和职业养老金监事委员会提出的 QIS 5(the Fifth Quantitative Impact Study),在有规定压力测试中死亡率减少 20%(Zugic et al., 2010)。

5.完善监管制度,制定长寿风险监管的长效机制。保险监管部门应加快相关精算办法的修订,降低因精算方法不合理造成的风险损失。如在有关法定责任准备金提留的精算规定中,放宽保险公司计提法定责任准备金的条例。同时监管部门采取可行措施提高透明度并减少信息不对称。此外制定一整套长效的监管办法对风险主体进行持续监管,防范长寿风险中不确定的趋势性风险。

6.加强风险主体之间合作,共同应对长寿风险。保险业包括再保险业需积极开发相应产品,创造市场需求吸引投资者。政府养老金机构需加强与保险业合作,包括长寿风险识别、数据共享、死亡率预测及风险管理等方面。只有利益各方共同协作,日益严重的长寿风险才有望得以缓解和解决。

六、结 论

通过对长寿风险认识、长寿风险量化和长寿风险管理三个方面国内外研究进展的梳理与分析,可得如下结论:

(1) 长寿风险既存在可通过多元化投资对冲转移的可分散化风险部分,也存在个人无法有效规避的系统风险部分。随着老龄化程度的加重,政府、保险公司、企业和个人所面临的长寿风险与日俱增,如何有效管理这种新型且日益严重的社会风险任重而道远。

(2) 长寿风险的量化中如何估测死亡率成关键因素,随机动态预测模型是其研究热点。但是人口死亡率数据缺失以及模型选择标准的不统一降低了估测死亡率的准确性,从而也限制了长寿风险相关证券的定价。

(3) 长寿风险的管理方式主要包括风险自留、再保险、年金及年金市场、风险证券化等几类,但是每一方式都有其优点和缺陷。风险主体需据所面临的风险特征、发展环境采用合适的风险管理方式,并积极探索新型且有效的长寿风险管理方案,逐步建立完善的资本市场促进长寿风险证券化。

(4) 尽管我国长寿风险管理面临长寿风险严重、认识不够、数据缺失、死亡率难估测、保险监管模糊、风险管理方式单一等问题,但若风险主体各方包括政府、保险公司、保监会、个人等连同其他相关部门针对所存在问题通力合作,日益严重的长寿风险就有望得以有效管理。

参考文献

- 艾蔚(2011):《基于金融衍生工具视角的长寿风险管理》,《保险研究》,第3期。
- 蔡正高、王晓军(2009):《对长寿风险及其债券化的探讨》,《统计教育》,总第115期。
- 陈秉正、祝伟(2009):《长寿风险管理研究综述》,《保险与风险管理研究动态》,第9期。
- 傅亚平、王平(2009):《长寿风险对保险公司年金产品的影响及解决方案》,《上海管理科学》,第6期。
- 李志生、胡凯(2011):《多因素影响下的最优年金化时间决策》,《经济研究》,增1期。
- 刘安泽、张东(2007):《浅议长寿风险对养老金计划的影响及管理方法》,《上海保险》,第2期。
- 卢仿先、尹莎(2005):《Lee-Carter方法在预测中国人口死亡率中的应用》,《保险职业学院学报》,第6期。
- 陆坚、夏毅斌(2010):《发展年金保险市场应对长寿风险》,《上海保险》,第11期。
- 田梦、邓颖璐(2013):《我国随机死亡率的长寿风险建模和衍生品定价》,《保险研究》,第1期。
- 杨刚(2009):《Lee-Carter框架下基于Wang变换的生存债券定价研究》,《湖南商学院学报》,第3期。
- 韩猛、王晓军(2010):《Lee-Carter模型在中国城市人口死亡率预测中的应用与改进》,《保险研究》,第10期。
- 祝伟、陈秉正(2008):《个人年金产品蕴含的长寿风险分析—生命表修订的启示》,《保险研究》,第3期。
- 祝伟、陈秉正(2012):《动态死亡率下个人年金的长寿风险分析》,《保险研究》,第2期。
- 谢世清(2011):《长寿风险的创新解决方案》,《保险研究》,第4期。
- 郑秉文(2012):《中国养老金发展报告2012》,经济管理出版社。
- Antolin P. (2006): "Annuities and Longevity Risk", OECD/IOPS Global Forum on Private Pensions, Istanbul, Turkey, 7-8 November.
- Barrieu, P. and L. Albertini (2009): *The Handbook Of Insurance-Linked Securities*, Wiley Finance.
- Bauer D., M. Boerger and J. Russ (2008): "On the Pricing Of Longevity-Linked Securities", *Insurance: Mathematics and Economics*, 46, 139-149.
- Bauer, D. (2006): "An Arbitrage-Free Family Of Longevity Bonds", Working Paper, University of Ulm.
- Bayraktar, E., M. Milevsky, D. Promislow and V. Young (2009): "Valuation of Mortality Risk Via the Instantaneous Sharpe Ratio: Applications to Life Annuities", *Journal of Economic Dynamics and Control*, 33, 676-691.
- Biffis, E. (2005): "Affine Processes for Dynamic Mortality and Actuarial Valuations", *Insurance: Mathematics and Economics*, 37, 443-468.
- Blake D. (2008): "Longevity Risk Hedging: The Role of The Private & Public Sectors", Working Paper, Pensions Institute, Cass Business School.
- Blake D., T. Boardman, A. Cairns and K. Dowd (2009): "Taking the Long View, Pensions Institute", Discussion Paper PI-0909, Pensions Institute, Cass Business School.
- Blake D. and W. Burrows (2001): "Survivor Bonds: Helping to Hedge Mortality Risk", *Journal of Risk and Insurance*, 68, 339-348.
- Blake D., A. Cairns, K. Dowd and R. MacMinn (2006): "Longevity Bonds: Financial Engineering, Valuation, and Hedging", *Journal of Risk and Insurance*, 73, 647-672.
- Blake D., A. Cairns and K. Dowd (2006): "Living with Mortality: Longevity Bonds and Other Mortality-Linked Securities", *British Actuarial Journal*, 12, 153-228.
- Booth, H. (2006): "Demographic Forecasting: 1908 to 2005 in Review", *International Journal of Forecasting*, 22, 547-581.

- Booth, H. and L. Tickle (2008): "Mortality Modeling and Forecasting: A Review of Methods", *Annals of Actuarial Science*, 3, 3–43.
- Brouhns, N., M. Denuit, and J. Vermunt (2002): "A Poisson Log-Bilinear Regression Approach to the Construction of Projected Life Tables", *Insurance: Mathematics and Economics*, 31, 373–393.
- Cairns, A., D. Blake and K. Dowd (2006a): "A Two-factor Model for Stochastic Mortality With Parameter Uncertainty: Theory and Calibration", *Journal of Risk and Insurance*, 73, 687–718.
- Cairns, A., D. Blake and K. Dowd (2006b): "Pricing Death: Frameworks for the Valuation and Securitization of Mortality Risk", *ASTIN Bulletin*, 36, 79–120.
- Cairns, A., D. Blake and K. Dowd (2008): "Modeling and Management of Mortality Risk: A Review", *Scandinavian Actuarial Journal*, 2–3, 79–113.
- Cairns, A., D. Blake, K. Dowd, G. Coughlan, D. Epstein, A. Ong and I. Balevich (2009): "A Quantitative Comparison of Stochastic Mortality Models Using Data from England & Wales and the United States", *North American Actuarial Journal*, 13, 1–35.
- Carriere J. (1992): "Parametric Models for Life Tables", *Transactions of the Society of Actuaries*, 44, 77–99.
- Coughlan, G., D. Epstein, A. Sinha, and P. Honig (2007): "q-Forwards: Derivatives for Transferring Longevity and Mortality Risk", Technical Report, J.P. Morgan.
- Currie, I. (2006): "Smoothing and Forecasting Mortality Rates with P-splines (sildes)", Institute of Actuaries, June.
- Dahl, M. (2004): "Stochastic Mortality in Life Insurance: Market Reserves and Mortality-Linked Insurance Contracts", *Insurance: Mathematics and Economics*, 35, 113–136.
- Dahl, M. and T. Møller (2006): "Valuation and Hedging of Life Insurance Risks with Systematic Mortality Risk", *Insurance: Mathematics and Economics*, 39, 193–217.
- Debonneuil, E. (2010): "A Simple Model of Mortality Trends Aiming at Universality: Lee-Carter Cohort", Quantitative Finance Papers.
- Delwarde, A., M. Denuit, and P. Eilers (2007): "Smoothing the Lee-Carter and Poisson log-bilinear Models for Mortality Forecasting: a Penalised Log-likelihood Approach", *Statistical Modeling*, 7, 29–48.
- Denuit, M., P. Devolder and A. Goderniaux (2007): "Securitization of Longevity Risk: Pricing Survivor Bonds with Wang Transforming the Lee-Carter Framework", *Journal of Risk and Insurance*, 74, 87–113.
- Dowd, K., D. Blake, A. Cairns, and P. Dawson (2006): "Survivor Swaps", *Journal of Risk and Insurance*, 73, 1–17.
- Forfar D., J. McGutcheon and A. Wilkie (1988): "On Graduation by Mathematical Formula", *Journal of Institute of Actuaries*, 115, 1–149.
- Forfar, D. and D. Smith (1988): "The Changing Shape of English Life Tables", *Transactions of the Faculty of Actuaries*, 40, 98–134.
- Giacometti, R., M. Bertocchi, S. Rachev and F. Fabozzi (2012): "A Comparison of the Lee-Carter Model and AR-ARCH Model for Forecasting Mortality Rates", *Insurance: Mathematics and Economics*, 50, 85–93.
- Hainaut, D. and P. Devolder (2008): "Mortality Modeling with Levy Processes", *Insurance: Mathematics and Economics*, 42, 409–418.
- Hainaut, D. (2012): "Multidimensional Lee-Carter Model with Switching Mortality Process", *Insurance: Mathematics and Economics*, 50, 236–246.
- Helligman, L. and J. Pollard (1980): "The Age Pattern of Mortality", *Journal of the Institute of Actuaries*, 107, 49–75.
- Huang, J., S. Yang, J. Wang and J. Tsai (2007): "The Optimal Product Mix for Hedging Longevity Risk in Life Insurance Companies", The Third International Longevity Risk and Capital Market Solutions symposium.
- Hyndman, R. and M. Ullah (2007): "Robust Forecasting of Mortality and Fertility Rates: A Functional Data Approach", *Computational Statistics & Data Analysis*, 51, 4942 – 4956.
- Kim, C. (2007): "A Way of Hedging Mortality Risk in Life Insurance Product Development", 2007 Annual Conference of the Asia-Pacific Risk and Insurance Association.
- Kim, C. and Y. Choi (2011): "Securitizations of Longevity Risk Using Percentile Trenching", *Journal of Risk and Insurance*, 78, 885–905.
- Lee, R. and L. Carter (1992): "Modeling and Forecasting U.S. Mortality", *Journal of the American Statistical Association*, 87, 659–671.
- Li, S. and W. Chan (2007): "The Lee-Carter Model for Forecasting Mortality, Revisited", *North American Actuarial Journal*, 11, 68–69.
- Li, J. and A. Ng (2011): "Canonical Valuation Of Mortality-Linked Security", *Journal of Risk and Insurance*, 78, 853–884.
- Liao, H., S. Yang, and I. Huang (2007): "The Design of Securitization for Longevity Risk: Pricing Under Stochastic Mortality Model with Tranche Technique", Working paper presented at the 2007 APRIA Conference, Taipei.
- Lin, Y., and S. Cox (2005): "Securitization of Mortality Risks in Life Annuities", *Journal of Risk and Insurance*, 72, 227–252.
- Lin, Y., and S. Cox (2008): "Securitization of Catastrophe Mortality Risks", *Insurance: Mathematics and Economics*, 42, 628–637.
- Linfoot, A. (2010): "Longevity Risk Financing—A Reinsurer's Perspective", World Risk and Insurance Economics Congress, 25–29 July 2010, Singapore.
- MacMinn, R., P. Brockett and D. Blake (2006): "Longevity Risk and Capital Markets", *Journal of Risk and Insurance*, 73, 551–557.

- McMullan, K., D. Wolongiewicz and M. Singleton (2012): "A Mature Market: Building a Capital Market for Longevity Risk", Swiss Re, Order no: 1505590_12_en.
- Milevsky, M. and S. Promislow (2001): "Mortality Derivatives and the Option to Annuities", *Insurance: Mathematics and Economics*, 29, 299–318.
- Milevsky, M., S. Promislow, and V. Young (2005): "Financial Valuation of Mortality Risk Via the Instantaneous Sharpe Ratio: Applications to Pricing Pure Endowments", Working Paper, Department of Mathematics, University of Michigan.
- Milevsky, M., S. Promislow, and V. Young (2006): "Killing The Law of Large Numbers: Mortality Risk Premiums and the Sharpe Ratio", *Journal of Risk and Insurance*, 73, 673–686.
- Miltersen, K. and S. Persson (2005): "Is Mortality Dead? Stochastic Forward Force of Mortality Determined by No Arbitrage", Working Paper, University of Bergen.
- OECD Insurance and Private Pensions Committee (2005): "Issues Note on Longevity and Annuities— Policy Suggestions for Developing Annuities Markets", the 76 Session of the Insurance and Private Pensions Committee, Paris, 1–2 December.
- Pitacco, E. (2004): "Survival Models in a Dynamic Context: A Survey", *Insurance: Mathematics and Economics*, 35, 279–298.
- Pitacco, E., M. Denuit, S. Haberman and A. Olivieri (2009): *Modeling Longevity Dynamics for Pensions and Annuity Business*, Oxford: Oxford University Press.
- Plat, R. (2009): "On Stochastic Mortality Modeling", *Insurance: Mathematics and Economics*, 45, 393–404.
- Pollard, J. (1987): "Projection of Age-Specific Mortality Rates", *Population Bulletin of the United Nations*, 21–22, 55–69.
- Renshaw, A., S. Haberman and P. Hatzoupoulos (1996): "The Modeling of Recent Mortality Trends in United Kingdom Male Assured Lives", *British Actuarial Journal*, 2, 229–277.
- Renshaw, A. and S. Haberman (2003): "Lee–Carter Mortality Forecasting with Age Specific Enhancement", *Insurance: Mathematics and Economics*, 33, 255–272.
- Richards, S. and G. Jones (2004): "Financial Aspects of Longevity Risk", *The Staple Inn Actuarial Society*, 26 October.
- Schrager, D. (2006): "Affine Stochastic Mortality", *Insurance: Mathematics and Economics*, 38, 81–97.
- Scotti, V. (2007): "Annuities: A Private Solution to Longevity Risk", *Sigma*, No.3.
- Sithole, T., S. Haberman and R. Verrall (2000): "An Investigation into Parametric Models for Mortality Projections, With Applications to Immediate Annuity and Life Office Pensioners' Data", *Insurance: Mathematics and Economics*, 27, 285–312.
- Stallard, E. (2006): "Demographic Issues in Longevity Risk Analysis", *Journal of Risk and Insurance*, 73, 575–609.
- Szymanoski, E. (1994): "Risk and the Home Equity Conversion Mortgage", *Journal of the American Real Estate and Urban Economics Association*, 2, 347–366.
- Tamm, K. and M. Kirova (2011): "Longevity Risk and Protection for Canada", Swiss Re, Order no: 270_0211_en.
- Thatcher, A. (1999): "The Long-term Pattern of Adult Mortality and the Highest Attained Age", *Journal of the Royal Statistical Society*, 162, 5–43.
- Tuljapourkar, S. and C. Boe (1998): "Mortality Change and Forecasting: How Much and How Little Do We Know?", *North American Actuarial Journal*, 2, 127 – 134.
- United Nations Department of Economic and Social Affairs Population Division (2011): "World Population Prospects: The 2010 Revision, Volume II: Demographic Profiles", New York.
- Wang, J., H. Huang, S. Yang and J. Tsai (2010): "An Optimal Product Mix for Hedging Longevity Risk In Life Insurance Company: The Immunization Theory Approach", *Journal of Risk and Insurance*, 77, 473–497.
- Wang, S. (2000): "A Class of Distortion Operations for Pricing Financial and Insurance Risks", *Journal of Risk and Insurance*, 67, 15–36.
- Wang, S. (2002): "A Universal Framework For Pricing Financial and Insurance Risks", *ASTIN Bulletin*, 32, 213–234.
- Wong–Fupuy, C. and Haberman (2004): "Projecting Mortality Trends: Recent Developments In the UK and US", *North American Actuarial Journal*, 8, 56–83.
- Yang, S., C. Yue and H. Huang (2010): "Modeling Longevity Risk Using A Principal Component Approach: A Comparison with Existing Stochastic Mortality Models", *Insurance: Mathematics and Economics*, 46, 254–270.
- Young, V. (2008): "Pricing Life Insurance Under Stochastic Mortality via the Instantaneous Sharpe Ratio: Theorems and Proofs", *Insurance: Mathematics and Economics*, 42, 691–703.
- Zugic, R., G. Jones, C. Yiasoumi, K. McMullan, A. Tacke, M. Held and B. Moreau (2010): "Longevity", CRO Forum 2010, order no: 1504320_10_en.

(责任编辑:程 炼)