

长寿风险管理研究综述

陈秉正 祝伟¹

摘要：随着经济和社会的发展，人口死亡状况得到不断改善，养老保险中蕴含的长寿风险日益显现。本文对国际上有关长寿风险的研究文献进行了梳理，综述了长寿风险管理研究的发展，介绍了一些长寿风险管理工具如死亡率指数衍生产品，以及长寿风险的定价方法。本文还分析了中国养老保险体系存在的长寿风险，初步探讨了对我国长寿风险的管理策略。

关键词：长寿风险；养老保险；风险定价

1、引言

随着人口老龄化程度的加剧（见图 1），长寿风险已成为各国政府、企业和个人所面临的一类新型的、日益严重的社会风险。

从广义上说，长寿风险是指个人或总体人群未来的平均实际寿命高于预期寿命所产生的风险 (MacMinn, Brockett, Blake, 2006; Stallard, 2006)。可以从个体和整体两个层面来定义长寿风险。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的财富，此类风险可通过参加相关养老保险计划进行管理，如参加政府的社会养老保险、企业的养老保险、购买人寿保险公司的年金产品等。总体人群的长寿风险称为聚合长寿风险 (Aggregate Longevity Risk)，是指一个群体的平均生存年限超过了预期的年限，该风险是无法根据大数法则进行分散的系统风险 (Milevsky, Promislow, Young, 2006; Cairns, Blake and Dowd, 2006a)，无论是人寿保险公司、企业的养老金计划还是政府的社会保险计划，都难以对聚合长寿风险进行有效的管理。本文将集中介绍的是对聚合长寿风险管理的研究，如无特别说明，下文中的长寿风险均指聚合长寿风险。

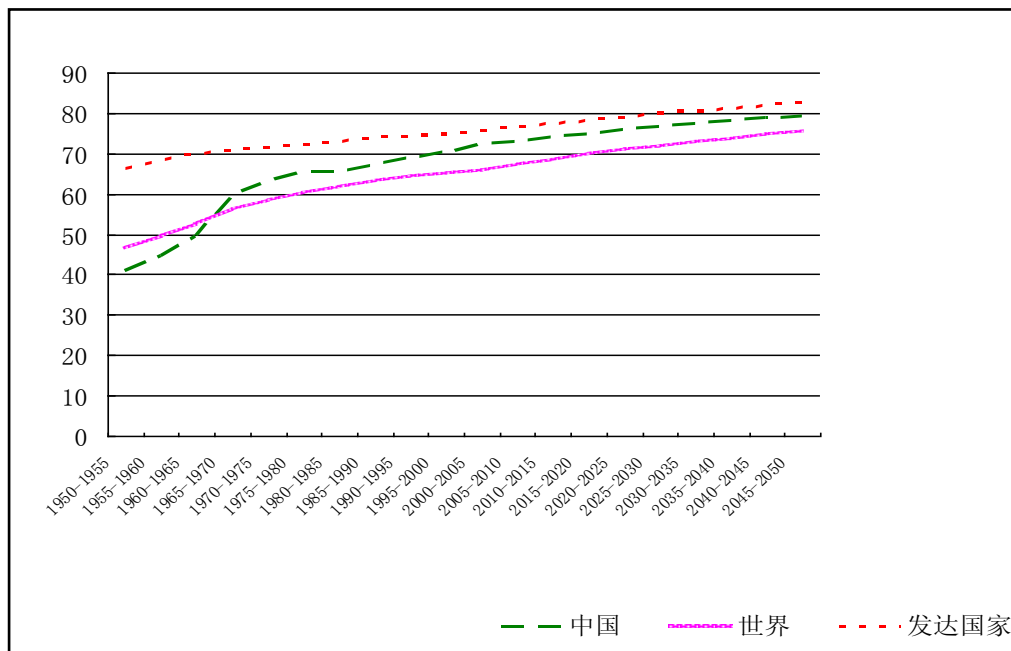


图 1 联合国 2006 年对世界人口平均寿命的统计和预测

从国际上看，有关长寿风险管理的研究主要集中在以下几个方面：

¹陈秉正，清华大学经济管理学院教授、博士生导师；祝伟，清华大学经济管理学院博士后

- 长寿风险的现状和发展趋势——长寿风险的识别
- 长寿风险应该由谁来承担？——个人、企业还是政府？
- 长寿风险是否可以用数学方法描述，或者根本是无法描述（因而无法预测）的
- 解决长寿风险的金融工具
- 长寿风险市场参与者风险报酬的确定——长寿风险如何定价？

本文将从以上 5 个方面对长寿风险的研究工作进行梳理，使读者能了解这一领域发展的基本概貌。最后，本文也将对我国如何开展长寿风险管理进行初步探讨。

2、长寿风险的识别

从长寿风险的承担主体来看，会存在三种形式的长寿风险。

社会养老保险计划面临的长寿风险

理论上，政府提供的现收现付式的社会基本养老保险计划不会面临长寿风险。事实上，由于未来领取养老金人群比例的增加和平均领取时间的延长，将可能出现未来职工缴费负担大幅度增加的风险，从而给当时的社会 and 经济发展带来巨大压力。因而，有不少文献研究了政府社会保险计划面临的长寿风险。如

企业退休计划（DB 型计划）面临的长寿风险

很多企业（不是中国的企业）都建立有确定给付型的退休计划，此类计划无疑将面临严重的长寿风险。

商业保险人提供的养老年金计划面临的长寿风险

商业保险公司所承受的长寿风险目前只占全部长寿风险的少数。但随着现收现付式社会养老保险计划的减少，雇主提供的退休计划转化为确定缴费型计划，保险公司、再保险公司所承担的长寿风险必然会增加。

3、长寿风险的承担者

如前所述，和长寿风险相关的方面包括：个人、保险公司、企业及政府。到底应该由谁来承担长寿风险，文献检索的结果表明：对这个问题的回答，尚无统一认识。但大多数研究均认为：政府在承担长寿风险方面应发挥积极作用。

针对作为养老保险计划提供者的政府或保险公司所面临的长寿风险，Blake 和 Burrows(2001)提出可以由政府发行长寿债券来对长寿风险进行套期保值，其中寿险公司或其它有对长寿风险进行套期保值需求的养老保险计划提供者可以通过购买政府发行的长寿债券将自身的长寿风险转移给政府。该文指出，由政府承担长寿风险具有以下优点：首先，由于长寿风险的持续期很长，若由私人部门通过发行长寿债券的形式承担会存在较大的信用风险；其次，由政府承担长寿风险可以实现长寿风险代际间的合理分配，这是私人部门所无法实现的；最后，根据 Arrow-Lind 定理，长寿风险可以在足够大的人口群体中进行分散，因此由政府承担长寿风险的成本甚至可以为零。Dowd(2003)对 Blake 和 Burrows(2001)的工作进行了评论，认为政府承担长寿风险并不具有明显的优势。第一，长寿风险不能通过大多数法则加以规避，Arrow-Lind 定理并不适用，政府承担的长寿风险的成本大于零；第二，资本市场为长寿风险的转移和再分配提供了另一选择，是长寿风险的更适宜的承担者，通过资本市场，长寿风险可以在资本市场参与者自愿的基础上以较低的成本进行转移；第三，Dowd 探讨了适宜政府承担长寿风险的条件，如存在公共产品、外部性和市场失灵等情形，Dowd 指出上述情形在长寿风险管理方面是否存在尚需讨论；最后，Dowd 提出了需要对长寿风险衍生证券的其他形式如期货、期权和掉换等进一步研究，并指出由于长寿风险刚刚显现，是

否会出现成熟的长寿风险衍生证券市场或需要由政府承担该风险尚未定论, Dowd 更倾向于通过长寿风险证券衍生市场来实现长寿风险的转移。Blake (2003)对 Dowd 的评论随即做出了回应,认为 Dowd 关于长寿风险衍生证券其他形式的讨论是很有益的贡献,指出政府应该通过承担长寿风险直接推动长寿风险衍生证券市场的形成。Brown 和 Orszag(2006)对长寿风险做出更明确的划分,将长寿风险区分为系统风险(即聚合长寿风险)和非系统风险(即个体长寿风险)两部分,指出非系统风险可以通过大数法则加以分散而系统风险则无法分散。Brown 和 Orszag 给出了系统风险的风险溢价的估计,指出长寿风险的系统风险部分的风险溢价尚不足以导致市场失灵,所以并不需要政府干预;另外, Brown 和 Orszag 研究了养老保险的逆选择是否足以导致政府的干预,结果表明逆选择的成本不足以导致市场失灵,政府不需要通过强制性养老金计划来消除养老保险中的逆选择。Brown 和 Orszag 还进一步讨论了强制性投保将导致穷人补贴富人,产生额外的社会成本。Brown 和 Orszag 指出,长寿风险在代际间的合理分配将增加社会福利,但完全由私人部门组成的金融市场无法实现长寿风险在代际间的合理分配,会出现市场失灵,这为政府干预提供了理由。但同时 Brown 和 Orszag 又指出,可能会存在政治方面的考虑使得当届政府会将长寿风险过度地转移给未来的人群。总体来看, Brown 和 Orszag 认为,政府在通过自身的养老保险计划承担了长寿风险的同时,不应再通过发行长寿债券等手段承担更多的长寿风险。Turner(2006)也指出,政府应合理承担长寿风险,并将多余的长寿风险分配给适合承担的部门或人群。

上述研究结果表明,对于政府是否应承担长寿风险以及如何承担的问题,目前的研究尚无统一认识,尽管大多数研究认为政府在承担长寿风险方面应发挥积极的作用,但同时也应充分发挥市场的力量,特别是发挥资本市场的作用以实现长寿风险的转移。由资本市场来承担长寿风险可能成为长寿风险管理未来的发展方向,政府可以并且应该在长寿风险衍生证券市场化进程中发挥重要的作用。

4、长寿风险研究中的死亡率规划

由于长寿风险源于人口死亡率的非预期变动,因此对未来人群死亡率的规划预测是长寿风险识别和度量的基础。只有对死亡率的规划预测结果与未来实际结果吻合得较好时,运用有关金融工具对长寿风险进行管理才可能是有效的。

关于未来的死亡率是否可以规划预测,以及死亡率变动带来的长寿风险能否被测度等问题,相关研究仍未取得一致意见。但大多数研究结果仍倾向于长寿风险是可以规划预测的。Stallard(2006)指出,长寿风险是可量化的,是一种可进行数学处理的风险而不是不确定性。他还强调,现有的人口学数据和死亡率模型已经为研究死亡率规划预测提供了必要的条件,进一步深入的在规划预测方法方面的研究将为长寿风险的定量分析提供更好的支持。

目前在人口死亡率规划预测方面广泛应用的方法是利用有关模型对死亡率变动进行预测,包括静态死亡率预测模型和动态死亡率预测模型。静态死亡率预测模型包括广义线性模型(Forfar et al., 1988)、Helligman-Pollard(HP)模型(Helligman and Pollard, 1980)、Perks 模型(Thatcher, 1999)和死亡因素模型(Carriere, 1992),这些模型均假定死亡率仅与年龄相关,而未考虑时间变动(不同的日历年)的影响,因此被称为静态死亡率模型;在考虑了时间变动影响后,出现了广义线性模型和 HP 模型的动态扩展模型(Forfar and Smith, 1988, Sithole, 2000)。随着死亡率预测研究的进一步深入,死亡率随时间变动的随机性逐渐为人们所认识,因而出现了一系列随机动态死亡率预测模型,包括近似线性模型(Alho and Spencer, 1985)、Lee-Carter 模型(Lee and Carter, 1992)和连续随机死亡率预测模型(Cairns, 2006a)等。目前最有影响的是 Lee-Carter 模型,而且有不少研究工作致力于 Lee-Carter 模型的完善(Wilmoth, 1993, Lee, 2000, Brouhns et al.,

2002, Wong-fupuy and Haberman, 2004, Renshaw and Haberman, 2006)。

5、长寿风险管理工具的研究与应用

一般来说, 长寿风险会为死亡险产品带来死差益, 为养老年金保险产品带来死差损。因此, 寿险公司可以在养老险业务和死亡险业务之间一定程度上对冲掉长寿风险。Milevsky 和 Promislow(2001)假定养老险业务和死亡险业务的投保人群相同, 分别在确定性利率和随机利率条件下对寿险公司的养老险业务和死亡险业务之间的套期保值方法进行了分析, 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。Huang、Yang、Wang 和 Tsai(2007)和 Kim(2007)探讨了运用死亡险产品和年金险产品实现长寿风险对冲的动态套期保值技术。然而, 由于养老险业务和死亡险业务的投保人群存在差异, 并且保险公司的保单设计一般不以实现业务间的套期保值为目标, 因此长寿风险的自然套期保值很难实现(Blake and Burrows, 2001; Cowley and Cummines, 2005)。Blake, Cairns 和 Dowd(2006)进一步介绍了一些可用于管理长寿风险办法, 包括: 再保险; 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; 对具有高长寿风险业务打包并进行证券化; 等等。

Blake 和 Burrows (2001) 提出, 可以利用生存债券(Survivor Bonds)对长寿风险进行套期保值, 开创了长寿风险证券化的先河。其后, 人们又提出了生存互换、生存期货和生存期权等长寿风险证券化形式, 并研究了对冲长寿风险的金融工具的设计和发行方式及其对资本市场的影响等问题。长寿风险证券化的形式主要是各种死亡率指数衍生产品, 与传统的风险管理方法(如再保险、增加资本金、保险产品再设计等)相比, 具有成本低、更强的风险承担能力、能够提供与长寿风险的时期相匹配的合同、风险的规避更有针对性等优势; 并且, 长寿风险证券化为资本市场上的投资者提供了新的选择, 有利于降低资本市场的风险。长寿风险证券化实现机制设计, 是目前长寿风险证券化研究的重要内容之一。

5.1 已发行的死亡率指数衍生产品

5.1.1 Swiss Re 生存债券²

Swiss Re 于 2003 年 12 月发行了面值 4 亿美元的生存债券, 到期日为 2007 年 1 月 1 日。投资者每季度获得的息票利率为 3 个月美元 LIBOR 加 135 个基点; 本金的返还依赖于死亡率指数: 当实际死亡率指数不高于约定死亡率指数的 130% 时, 本金全额返还; 当实际死亡率指数高于约定死亡率指数的 130% 时, 本金按比例返还; 当实际死亡率高于约定死亡率指数的 150 % 时, 不返还本金。公式表述如下:

$$MaturityValue = \begin{cases} 40,000,000 & q \leq 1.3q_0 \\ 40,000,000 \frac{1.5q_0 - q}{0.2q_0} & 1.3q_0 < q \leq 1.5q_0 \\ 0 & q > 1.5q_0 \end{cases} \quad (5.1)$$

式中 q_0 为 2002 年死亡率指数; $q = \max(q_1, q_2, q_3, q_4)$, q_t 为 2002 + t 年死亡率指数($t = 1, 2, 3, 4$), 该死亡率指数由美国、英国、法国、意大利和瑞士等五国人口死亡率决定。Blake, Cairns 和 Dowd (2006)进一步介绍了死亡率指数的计算方法。由公式(5.1)可以看出, Swiss Re 生存债券

² Dowd, Blake, Cairns and Dawson(2006)文中指出, “mortality bonds”、“survivor bonds”和“longevity bonds”含义相同, 本文译为“生存债券”。

的作用主要是为“巨灾”死亡进行套期保值。因此, Swiss Re 发行的生存债券并不同于 Blake 和 Burrows(2001)提出的经典生存债券。作为经典生存债券的投资者, 应当是在死亡率较低时获得较高的回报, 从而可以实现对长寿风险一定程度的规避。Swiss Re 生存债券的运作方式如图2所示。

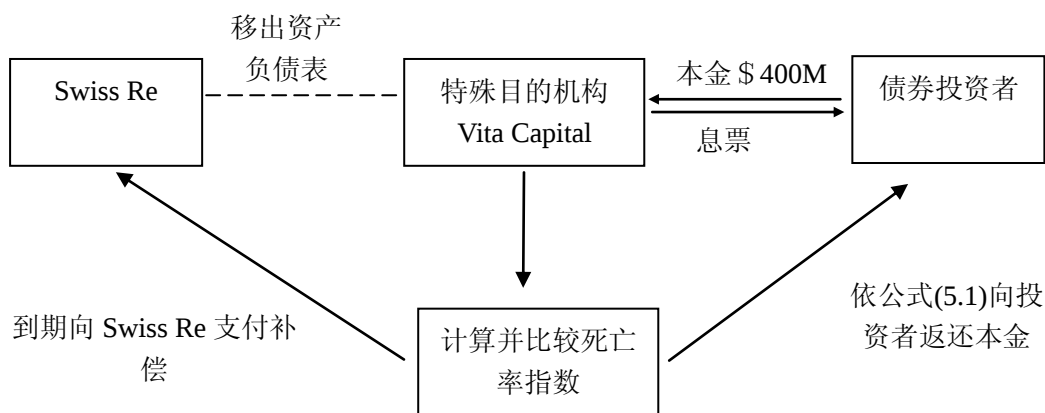


图 2 Swiss Re 生存债券的运作方式

Swiss Re 为发行生存债券, 成立了一个特殊目的机构(Special Purpose Vehicle, SPV): Vita Capita (VC)。VC 将债券发行所得到的本金 4 亿美元投资于高等级债券并进行利率互换。VC 的收入和支出与 Swiss Re 的资产负债表相分离, 该生存债券的发行最终获得了成功。

5.1.2 EIB/BNP 生存债券

2004 年 11 月, 欧洲投资银行(European Investment Bank, EIB)也发行了一种生存债券。BNP Paribas 作为该债券的设计者和 Partner Re 一起为该债券提供长寿风险的再保险。该债券的期限为 25 年, 面值为 5.4 亿英镑, 每年向投资者的息票支付为 $S(t) \times 5000$ 万英镑, 其中

$$S(t) = \prod_{j=1}^t [1 - m(2002 + j, 64 + j)] \quad (5.2)$$

式中 $m(2002 + t, 64 + t)$ 为 2002 年年龄为 65 岁人口在 $2002 + t$ 年的中心死亡率。可以看出, EIB/BNP 生存债券与 Blake 和 Burrows(2001)提出的经典生存债券较为接近。不同之处在于, 经典生存债券的到期期限是人口全部死亡时的日期, 该期限是随机的。而 EIB/BNP 生存债券有固定到期期限 25 年。令人遗憾的是, EIB/BNP 生存债券最终发行失败。Blake, Cairns 和 Dowd (2006)详细介绍了 EIB/BNP 生存债券的发行安排, 并深入讨论了 EIB/BNP 生存债券发行失败的可能原因。

5.2 死亡率指数衍生产品的类型

5.2.1 生存债券

Blake 和 Burrows(2001)提出, 可以利用生存债券(Survivor Bonds, LBs)对长寿风险进行套期保值。该生存债券具有下述结构: 债券的未来息票给付依赖于一个死亡率指数, 该死亡率指数为债券发行日达到退休年龄的人口(如年龄为 65 岁的人口)在息票给付日仍生存的比率。例如, 2000 年发行的生存债券在 2020 年进行的息票支付与 2000 年的 65 岁人口生存到 85 岁的比率成比例; 该生存债券无本金偿还, 由政府发行且可以在市场上公开交易。Blake 和 Burrows 指出, 生存债券具有成本低、针对性强的优点。对于政府作为生存债券的发行主

体来承担长寿风险是否合理的问题, Blake D(2003)、Dowd(2003)、Brown 和 Orszag(2006)、Turner(2006)、MacMinn, Brockett 和 Blake(2006)进行了深入的讨论。

Lin and Cox(2005)对生存债券的交易机制用现金流动图表示如下

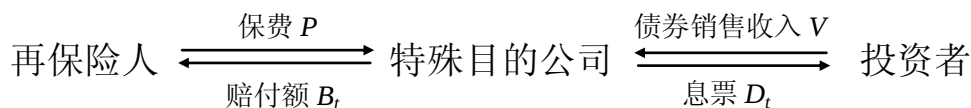


图 3 生存债券的现金流

图 3 中, 保险人或再保险人从特殊目的公司(Special Purpose Company, SPC)购买再保险; 特殊目的公司向投资者发行生存债券; 根据再保险合同约定, 特殊目的公司每期根据死亡率的变化情形向再保险人进行赔付, 赔付额为 B_t ; 依据事先约定的死亡率指数计算办法, 根据死亡率指数的变化, 特殊目的公司向投资者每期支付变动的息票 D_t , 到期偿还本金 F 。Lin 和 Cox(2005)给出了计算 B_t 和 D_t 的公式。

Blake, Cairns, Dowd 和 MacMinn(2006)对生存债券进行了深入的讨论, 指出生存债券的设计应考虑以下因素:

- (1) 发行的债券是否作为长寿风险的套期保值工具
- (2) 存在长寿风险的寿险产品类型, 如年金产品
- (3) 使用的死亡率指数
- (4) 支付函数 f_t 的性质及其与生存函数的关系, 即 $f_t(S_t)$ 的函数形式如何表述

基于以上考虑, Blake, Cairns, Dowd 和 MacMinn 提出了以下不同形式的生存债券:

(1) 零息票生存债券(Longevity Zeros, LZs): 与传统的零息票债券类似, 可作为复杂的定制生存债券的基本构件。

(2) 经典生存债券(Classic Longevity Bonds): 由 Blake 和 Burrows(2001)提出、Lin and Cox(2005)等进行了进一步研究。

(3) 本金有风险的生存债券(Principal-at-risk LBs): 息票支付额固定或与利率相关, 而与死亡率变动无关; 到期本金的支付与约定的死亡率指数的变动相关, 即本金的返还情况反映了长寿风险的影响。

(4) 反向生存债券(Inverse LBs): 与反向浮动利率债券类似, 其中 $f_t(S_t)$ 是 S_t 的逆函数(Inverse Function), 例如, $f_t(S_t) = k(1 - S_t)$, $k > 0$ 。显然, 随着时间的延续反向生存债券的息票支付额增大。

(5) 抵押长寿债券(Collateralized Longevity Obligations, CLOs): 与传统的抵押债券类似, 抵押长寿债券被分成一系列不同的组, 这些组被称为片(tranche), 不同片的现金流不同, 存在不同程度的长寿风险, 具有不同的期望回报。

5.2.2 生存互换

Lin and Cox(2005)研究了长寿风险证券化的又一形式: 生存互换(Survivor Swap)。生存互换的交易机制用现金流动图表示如下

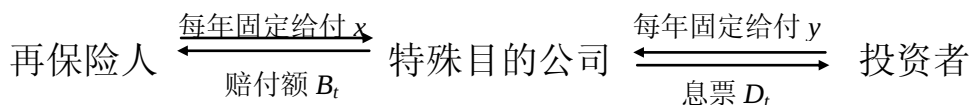


图 4 生存互换的现金流

图 4 中, 保险人或再保险人向特殊目的公司(Special Purpose Company, SPC)每年固定给

付 x ; 投资者向特殊目的公司每年固定给付 y ; B_t 和 D_t 的含义如图 3 所示, 到期无本金偿还。与生存债券相比, 由于缺乏本金作担保, 生存互换存在交易对手风险(counter-party risk)。Dowd, Blake, Cairns and Dawson(2006)对上述生存互换进行了进一步探讨。

Blake, Cairns 和 Dowd(2006)对生存互换的应用进行了介绍, 指出目前存在一定数量在柜台交易的生存互换。由于柜台交易的特点, 很难获得生存互换的交易信息。

5.2.3 生存期货(Longevity Futures)

Blake, Cairns 和 Dowd(2006)在金融期货发行的成功经验和失败教训的基础上, 提出了生存期货的实现方式: 第一种方式是该期货以发行的生存债券为标的, 这需要生存债券市场的形成与完善; 第二种方式是以死亡率指数为标的, Blake, Cairns 和 Dowd 将这种形式的生存期货与 CME 消费者价格指数(Consumer Price Index, CPI)期货进行了比较, 指出其具有成功的可能性, 其中死亡率指数的选择是影响生存期货成功的关键因素。

5.2.4 生存期权(Survivor Options)

Blake, Cairns 和 Dowd(2006)介绍了生存底(Survivor Floors)和生存顶(Survivor Caps)、柜台交易期权和内嵌期权、生存互换期权(Mortality Swaptions)等形式的生存期权, Cairns, Blake 和 Dowd (2006b)对生存期权的定价和风险管理进行了初步探讨。

5.3 对死亡率指数衍生工具的进一步讨论

5.3.1 死亡率指数衍生证券市场的发展及其对资本市场的影响

上文指出已发行的死亡率指数衍生产品目前柜台交易较多(如生存互换), 死亡率指数衍生证券市场尚未形成。借鉴其它衍生证券市场的发展经验, 要实现死亡率指数衍生证券市场化目标, 必须将死亡率指数衍生证券进行标准化, 显然只能有小部分的经过标准化的死亡率指数衍生证券的品种; 另外, 为使死亡率指数衍生证券市场保持足够的流动性, 必须考虑投机者的需求。因此, 标准化的长寿风险衍生证券的品种设计应平衡投资者的套期保值需要和投机者的投机需求。

相关学者指出长寿风险与现有的资本市场的风险相关性较弱, 风险相关系数 β 值较低, 死亡率指数衍生证券的发展有利于市场风险的进一步分散和投资者分散其投资风险, 具有良好的发展前景(Blake, 2001; Blake, 2003; Dowd, 2003; Cowley and Cummins, 2005; Lin and Cox, 2005; Dowd, Blake, Cairns and Dawson, 2006; Blake, Cairns, Dowd and MacMinn, 2006), 。

Blake, Cairns 和 Dowd(2006)分析了死亡率指数衍生证券市场发展可能存在的问题。例如, 生存债券的短期价格变动主要受利率影响, 长期变动才反映长寿风险。因此, 对于短期投资者或投机者而言, 生存债券市场可能不具有足够的吸引力, 从而导致生存债券市场的流动性可能较低。

5.3.2 基差风险

可以看出, 上述用于管理长寿风险的衍生证券均包含一个核心要素—死亡率指数, 而对于死亡率指数的设定, 从理论和应用方面均还未形成统一的死亡率指数或死亡率指数的编制办法。由于承担长寿风险的政府部门或公司(寿险公司、私人养老金计划、国家养老金计划和社会保障系统等)面对的保障人群各不相同, 且不同于编制死亡率指数时定义的人群, 相应的死亡率变动模式存在差异, 形成了一类基差风险; 另一类基差风险是死亡率指数衍生证券的支付期限与进行套期保值的长寿风险的期限不匹配, 造成了时间上的基差风险。因此, 上述用于管理长寿风险的衍生证券存在基差风险, 这是运用死亡率指数衍生证券存在的问题

之一。

5.3.3 死亡率指数的编制

Blake, Cairns, Dowd 和 MacMinn(2006)指出死亡率指数的编制存在下述问题:

(1) 死亡率指数的编制需要使用死亡率数据,而死亡率数据的发布存在一定的时间延迟,导致时间上的基差风险产生。

(2) 用于死亡率指数编制的历史数据需要进行修匀,而修匀有不同的方法且目前并不统一,增加了死亡率指数的不确定性。

(3) 编制死亡率指数所使用的数据可能是不完整的或存在统计上的偏差,例如,在国外死亡的英国公民未被统计入英国的死亡率数据,而在英国国内死亡的外国公民则被统计入英国的死亡率数据。

(4) 道德风险。由于死亡率数据的发布者比投资者更早地接触数据,可能产生道德风险。

(5) 死亡率指数需要应用死亡率规划的方法,死亡率指数预测值的确定需要一个广泛接受的、充分透明的死亡率规划和预测模型。

进一步的详细讨论参见 Blake, Cairns 和 Dowd(2006)。总而言之,死亡率指数衍生证券市场化的发展需要死亡率指数衍生证券品种的标准化,作为其核心要素之一,死亡率指数需要运用公开、透明和规范的方法和模型进行定义和编制,死亡率指数的编制方法需要进一步加以研究。

6、死亡率指数衍生产品的定价

传统的固定收入证券及其衍生产品可以运用即期收益曲线和无套利分析方法进行定价。而长寿风险和死亡率指数衍生产品目前的市场是不完全市场,无套利分析方法不再适用。对此,相关学者运用两类方法对长寿风险及死亡率指数衍生产品进行定价。

6.1 风险中性(Risk-Neutral)定价方法

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 和 Promislow(2001)、Dahl 和 Møller(2005)、Biffis(2005)、Cairns, Blake 和 Dowd (2006a, 2006b)将风险中性方法应用于死亡率指数衍生证券定价的研究。

假设在时刻 0 发行的生存债券(LB)在时刻 t ($t=1, \dots, T$)对投资者的息票支付为 S_t , S_t 为 0 时刻年龄为 x 的人生存到 t 时刻的概率。假定风险中性测度 Q 已建立,则上述债券在时刻 0 的价格为

$$V(\text{LB}) = \sum_{t=1}^T D_0^t E_Q(S_t | \Omega_0) \quad (6.1)$$

式中 Ω_0 为 0 时刻的有关死亡率的信息, $E_Q(S_t | \Omega_0)$ 为在风险中性测度 Q 下 S_t 的期望值, D_0^t 为 t 时刻的支付折现到 0 时刻的折现因子。

Cairns, Blake 和 Dowd (2006b)运用风险中性定价方法对 EIB/BNP 生存债券和蕴含的长寿风险进行了定价,为长寿风险的风险中性测度 Q 提供了一个应用案例。

6.2 概率分布转换(Distortion of Distribution)定价方法

设随机变量 X 的累积分布函数为 $F(x)$ ，定义生存函数 $S_x(x) = 1 - F_x(x)$ ，经过转换的生存函数的表达式为

$$S^*(x) = g[S(x)] \quad (6.2)$$

式中 $g(\cdot)$ 满足以下条件： $g(0) = 0$ ， $g(1) = 1$ ； $g'(t) > 0$ ； $g''(t) < 0$ 。

对于非负随机变量 X ，其均值为 $EX = \int_0^\infty S_x(t)dt$ ，定义

$$H(X) = \int_0^\infty g[S(t)]dt \quad (6.3)$$

Wang(1996)得出 $H(X)$ 具有以下性质：(1) $EX \leq H(X) \leq \max(X)$ ；(2) $H(aX + b) = aH(X) + b$ ， a, b 为常数且 $a > 0$ ；(3) 若非负随机变量 X_2 一阶随机占优于 X_1 ，则 $H(X_1) \leq H(X_2)$ ；(4) 若非负随机变量 X_2 二阶随机占优于 X_1 ，则 $H(X_1) \leq H(X_2)$ 。(5) 对于非负随机变量 U 和 V ， $H(X)$ 具有次可加性： $H(U + V) \leq H(U) + H(V)$ ；(6) 若随机变量 X_1 和 X_2 同单调(Comonotonic)，则 $H(X_1 + X_2) = H(X_1) + H(X_2)$ ，称为同单调可加性(Comonotonic Additivity)。Wang(2000, 2002)将概率分布转换的方法应用于金融和保险风险的定价，提出一类新的转换—Wang 转换，对应的 $g(\cdot)$ 的函数形式为

$$g_\alpha(u) = \Phi[\Phi^{-1}(u) + \alpha] \quad (6.4)$$

式中， $\Phi(\cdot)$ 为标准正态分布的分布函数，Wang 转换满足公式(6.3)的要求。Wang(2000, 2002)将 Wang 转换与 CAPM 模型、Black-Scholes 期权定价公式进行了比较分析，结果表明 Wang 转换可以复制 CAPM 模型和 Black-Scholes 期权定价公式的结果。

目前，Wang 转换方法已被用于死亡率指数衍生证券的定价。对于 0 时刻 x 岁人口生存到 t 时刻的概率记为 $S(x, t)$ ，Lin 和 Cox(2005)运用公式(6.4)所示的 Wang 转换，对生存债券进行了定价，并得出长寿风险的市场价格；Cox, Lin 和 Wang(2006)还对 Swiss Re 发行的生存债券的定价和死亡风险的定价进行了研究，结果表明该方法用于死亡率指数衍生证券的定价具有可行性。

7、中国养老保险体系的长寿风险及其管理

7.1 中国养老保险体系面临的人口死亡率变动状况

7.1.1 中国人口经验死亡率的变动

自1999年中国步入老龄化社会以来，老龄化进程正呈加速趋势，将对中国社会经济和人民生活产生广泛而深刻的影响。人口寿命的增长和出生率的下降是导致人口老龄化的两个关键因素。目前中国人口寿命表现出明显的增长趋势（见表1），而长寿风险正是人口寿命的增长所产生的风险。随着中国人口平均寿命的延长，长寿风险已成为中国政府、企业和个人所面临的一种日益严重的社会风险。

表 1 中国出生人口预期寿命的变动

年	1981	1990	1996	2000	2005
出生人口预期寿命(岁)	67.8	68.6	70.8	71.4	72.1

数据来源：1998年和2006年《中国人口统计年鉴》

根据中国国家统计局上世纪90年代的预测，2010年中国男性和女性人口的平均预期寿命将分别为69.4岁和75.0岁(张二力，郭震威，苏荣桂等，1998)；依据联合国世界人口组织的预测，2010年中国男性和女性人口的平均预期寿命将分别为71.68岁和75.15岁(尹莎，2005)。上述预测无疑低估了中国人口死亡状况改善的幅度，相应地，以上述数据为参考的相关养老保险将面临长寿风险的不利影响。另外，上述官方预测并未给出相应的死亡率模型规划方法，很难衡量其预测的准确性。由于历史原因，有关中国人口经验死亡率变动的数据的时间序列较短且不连贯，为中国人口死亡率变动规划的研究和实际应用带来了很大障碍。目前有关中国人口死亡率变动规划的研究还比较少，尹莎(2005)针对1986-2002年中国男女经验死亡率数据（其中1987-1988年、1991-1993年和2000年数据缺失），运用Lee-Carter模型对中国人口死亡率进行了规划。该论文认为Lee-Carter模型成功地描述了中国特定年龄的分性别的人口死亡率的特征，适用于中国的数据样本。该论文运用Lee-Carter模型的估计结果预测了2003-2013年的男、女死亡率变动，指出2010年中国男性和女性人口的平均预期寿命将分别为73.31岁和77.31岁。从中国人口的平均预期余命的历年变动来看，上述预测的结果可能更接近未来的中国人口死亡率变动的实际状况。然而，上述的研究存在一定的局限性，例如，在应用Lee-Carter模型时对中国人口死亡率数据的特征和该模型的适用性的分析还不够充分，运用模型进行预测时未能给出预测的死亡率指标的置信区间。

7.1.2 中国人寿保险业经验生命表的变动

2006 年1月1日，《中国人寿保险业经验生命表(2000~2003)》（简称：CL(2000-2003)）颁布实施。该生命表的数据来源于2000-2003年国内六家寿险公司的1亿多条保单记录，占全行业同期保单数量的98%以上。与《中国人寿保险业经验生命表(1990~1993)》（简称：CL(1990-1993)）相比：新生命表下非养老金业务表零岁余命男性为76.7 岁，较CL90~93 生命表改善3.1岁，女性零岁余命为80.9岁，较CL90~93 生命表改善了3.1岁，低年龄段死亡指数较低，主要年龄段男性死亡指数在80%左右，女性则在70%左右；养老金业务表零岁余命男性为79.7 岁，较CL90~93 生命表改善4.8 岁，女性零岁余命为83.7岁，较CL90~93 生命表改善了4.7岁。低年龄段死亡指数较低，男性死亡指数总体水平在60%~70 %之间，女性在50%~70%之间(魏迎宁，2006)。可以看出，十年间中国人寿保险业投保人群的预期寿命明显提高，死亡状况明显改善。杨步青(2006)的研究结果表明生命表修订导致定期寿险、终身寿险的最低法定责任准备金明显下降，而终身年金的最低法定责任准备金则明显提高；陈秉正和祝伟(2008)分析了中国经验生命表变动对寿险产品定价的影响，结论同样表明现有的寿险业务存在明显的长寿风险。因此，在商业养老保险中寿险公司承担了较高程度的长寿风险。

**表 2 2006 年 1 月新颁布的《中国人寿保险业经验生命表》（2000-2003）
与原生命表（1990-1993）中 0 岁人群的平均余寿比较**

	非养老金业务 男表	非养老金业务 女表	养老金业务男 表	养老金业务女 表
1990-1993表	73.6	77.8	74.9	79
2000-2003表	76.7	80.9	79.7	83.7
平均余寿增加（年）	3.1	3.1	4.8	4.7

7.2 中国养老保险体系存在的长寿风险

中国现行的养老保险体系由三个层次组成，即社会基本养老保险、企业补充养老保险（又称为企业年金）和个人养老保险。由政府主导并负责管理的城镇企业职工基本养老保险构成第一层次；政府鼓励但由企业自主建立的补充养老保险（包括企业年金和团体养老保险）构成第二层次；个人自愿购买的商业性养老保险和其他储蓄计划构成了养老保障体系的第三层次。

7.2.1 基本养老保险

我国的社会基本养老保险实行社会统筹与个人账户相结合的方式，在基本养老保险基金的筹集上由国家、单位和个人共同负担。1997 年国务院颁布了《关于建立统一的企业职工基本养老保险制度的决定》（国发[1997]26 号），文件对基本养老金的计发方式做出以下规定：本决定实施后参加工作的职工、个人缴费年限累计满 15 年的，退休后按月发给基本养老金。基本养老金由基础养老金和个人账户养老金组成。退休时的基础养老金月标准为所在地上年度职工月平均工资的 20%，个人账户养老金月标准为本人账户储存额除以 120。其中，基础养老金部分实行现收现付制，个人账户部分实行积累制。根据上述规定，职工退休时的基础养老金给付为固定给付，存在明显的长寿风险；在个人账户养老金方面，上述办法显然假定的是退休职工的预期平均余命为 10 年，而 2003 年中国人口的平均寿命为 72 岁。根据企业职工退休的法定年龄规定，显然退休后人群的实际平均寿命要高于 10 年，个人账户养老金的给付也存在明显的长寿风险，且女性退休职工的长寿风险更为严重。

2005 年国务院又颁布了《关于完善企业职工基本养老保险制度的决定》，对既有的养老金计发办法进行了改革。该文件规定：国发[1997]26 号文件实施后参加工作、缴费年限累计满 15 年的人员，退休后按月发给基本养老金。退休时的基础养老金月标准以当地上年度在岗职工月平均工资和本人指数化月平均缴费工资的平均值为基数，缴费每满 1 年发给 1%。个人账户养老金月标准为个人账户储存额除以计发月数，计发月数根据职工退休时城镇人口平均预期寿命、本人退休年龄、利息等因素确定。以吉林省为例，《吉林省完善城镇社会保障体系试点实施方案》中规定的计发月数与退休年龄相关，40 岁、50 岁、55 岁、60 岁和 70 岁退休人口的计发月数分别为 233、195、170、139 和 56。可以看出，该方法中对退休人口的预期余命进行了更细致的划分，并且假定的 60 岁退休人口的预期余命比国发[1997]26 号文件中假定的预期余命有所增加。可以看出，《国务院关于完善企业职工基本养老保险制度的决定》通过调整个人账户养老金的计发月数对长寿风险进行了一定程度的规避，但仍存在一定问题。首先，基础养老金的发放仍具有固定给付性质，长寿风险依然存在，并且可能由于职工缴费年数较多而增加基础养老金的给付，从而加剧了长寿风险。其次，计发月数虽然有所增加，但并没有从根本上规避长寿风险。最后，中国的基本养老保险的基础

还比较薄弱, 2007 年城镇基本养老保险基金总收入 7834 亿元, 其中征缴收入 6494 亿元, 各级财政补贴基本养老保险基金 1157 亿元。全年基金总支出 5965 亿元 (人均 1000 元/月, 社平替代率 48%), 年末基本养老保险基金累计结存 7391 亿元, 累计结余尚不足支付一年的基本养老保险。2007 年末我国参加城镇基本养老保险人数为 20137 万人, 其中参保职工 15183 万人, 参保离退休人员 4954 万人, 抚养比为 3.06。也就是说一个退休职工得到的养老金大约来自 3 个在职职工的缴费。随着未来老龄化程度的加剧, 抚养比会大幅度下降, 估计到 2020 年将下降到 2.39³。届时每年支付的养老金中来自统筹部分的比例将大幅下降, 而来自个人账户的部分十分有限, 要想达到建立社会保险计划时 58% 的替代率目标, 十分困难⁴。由此容易看出, 我国的社会基本养老保险未来会面临严重的支付能力困难。

7.2.2 企业年金

作为第二支柱的企业年金计划是在国家有关政策和法规指导下, 企业根据自身经营发展需要而建立的旨在使职工退休后能在一定时期内能按年获得一定数额养老金的退休收入保障制度, 这种制度是对社会基本养老保险的一种有效补充。中国的企业年金采取的是缴费确定性 (DC) 模式, 即通过企业建立养老保险个人账户的方式, 由企业和职工定期按照一定比例向养老保险计划缴费, 并建立个人账户, 职工退休时领取的养老金金额取决于个人账户基金的积累规模 (包括投资收益)。2007 年末全国共有 3.2 万户企业建立了企业年金, 缴费职工人数为 929 万人, 年末企业年金基金累计结存 1519 亿元。与基本养老保险相比, 企业年金的规模还很小, 并且由于我国的企业年金计划是个人账户下完全积累式的, 因而不存在聚合长寿风险, 但职工个人可能会由于积累不足而面临个体意义下的长寿风险。

7.2.3 商业养老保险 (个人年金保险)

在养老保险的三大支柱中, 商业养老保险的规模最小, 并且大多由保险人承担所有投保人的长寿风险。商业养老保险 2006 年实现保费收入 626 亿元, 约占当年人身险保费收入的 15%, 已积累养老保险基金 2000 多亿元。由于商业养老保险的规模还很小, 其中蕴含的长寿风险也比较小。

7.3 长寿风险管理存在的问题及对策

7.3.1 存在问题

目前, 中国保险界对长寿风险的认识还比较少, 研究刚刚起步。在实务方面, 从养老保险管理部门、保险监管机构到寿险公司尚未充分长寿风险的影响。归纳起来, 我国在长寿风险管理方面存在以下问题:

1、相关群体的死亡状况很难测度。从基本养老保险来看, 中国城镇居民的基本养老保险的覆盖面仍较窄, 且处于迅速增长阶段; 农民基本养老保险刚刚起步, 基本养老保险的覆盖率也在迅速增加; 政府机关和事业单位的基本养老保险制度还处于探索阶段。因此, 基本养老保险的覆盖人群与《中国人口统计年鉴》计算人口死亡状况所使用的人群存在很大差异, 很难将《中国人口统计年鉴》的死亡数据直接应用于反映基本养老保险覆盖人群的死亡状况; 显然, 中国人寿保险业经验死亡率数据更无法应用。从企业年金来看, 也存在和社会基本养老保险同样的问题, 很难找到适当的职工死亡率统计数据。商业养老保险覆盖人群的死亡状况可以使用中国人寿保险业经验生命表来测度。但在养老保险的三大支柱中, 商业养老保

³ 《中国养老保险基金测算与管理》第 36 页, 经济科学出版社, 2001 年

⁴ 2007 年每个退休职工年养老金收入大约为 12000 元, 社会平均替代率 (养老金收入和社会平均收入比) 仅为 48%。

险目前的比重很小，在养老保险体系中发挥的作用还很小。综上，由于养老保险覆盖人群在迅速扩大，尚没有合适的死亡率数据进行测度。但随着养老保险的进一步发展和人口死亡率数据采集和处理制度的完善，这一问题终将能够解决。

2、相关责任方或利益方尚未对长寿风险有充分认识。表 3 列出了我们对长寿风险的相关方及其对长寿风险认识的判断。在基本养老保险方面，不论是基础养老金给付还是个人账户养老金的给付，基于目前的给付标准，政府未来都将面临严重的长寿风险。但对从目前到未来一段时间内中国政府可能对此采取的对策走势来看，尚未对这种严峻形势予以充分重视。在补充养老保险方面，由于企业年金实行的是完全积累式的个人账户，因此政府和企业均不会承担长寿风险，而是由参保的职工个人承担，但政府和企业应该在帮助职工个人规避长寿风险方面承担重要的责任，主要体现在政府给与明确的、有力度的激励政策鼓励企业建立企业年金，有条件的企业应积极考虑建立能提供适当充分的企业年金计划作为基本养老保险的补充。在商业养老保险方面，作为养老保险产品提供者的保险公司将会承担投保人群体带来的聚合长寿风险。从我们现在的了解来看，我国寿险公司对其提供的养老保险产品中蕴含的长寿风险尚未充分认识，更缺乏应对的策略考虑。

表 3 各类养老保险计划的相关方及长寿风险的承担情况

	相关方	是否承担长寿风险	对长寿风险的认识	长寿风险的可管理性
基本养老保险	发起人：政府 参加人：个人	政府承担 个人不承担	政府尚缺乏认识	可管理，有难度
企业年金	组织人：企业 参加人：企业和个人	政府、企业不承担 个人将承担	个人尚未重视	需要个人管理
商业养老保险	发起人：保险公司 参加人：个人	保险公司承担 个人不承担	保险公司尚未重视	可管理，并已有具体办法

3、监管部门尚未充分考虑死亡状况的改善对养老保险产品的影响。在中国保监会发布的《关于修订精算规定中生命表使用有关事项的通知》（保监发[2005]118 号）中规定，保险公司在厘定保险费时，自行决定采用的预定死亡率；保险公司法定责任准备金提取采用的预定死亡率采用《中国人寿保险业经验生命表(2000-2003)》中所提供的数据。上述规定表明，在准备金提取方面，寿险公司的预定死亡率必须采用《中国人寿保险业经验生命表(2000-2003)》中所提供的数据，而上述生命表并未考虑到死亡率持续下降的趋势，因此这类规定会导致寿险公司在负债方面承担严重的长寿风险。

4、我国资本市场尚处于初级阶段，投资者对长寿风险尚未有认知，通过证券化方式向资本市场转移长寿风险不仅对我国资本市场而且对全球资本市场来说，都是一个新的课题

7.3.2 对策建议

1、管理社会基本养老保险计划蕴含的长寿风险。政府有关部门应尽早开始研究社会养老保险中蕴含的长寿风险及应对措施。在基础养老金给付方面，由于实行的是现收现付制，并不会直接承担长寿风险，其所面临的问题主要是随着抚养比的下降，缴费的人数相对会越

来越少,并且再增加缴费标准的空间几乎为零⁵,因此,想靠未来在职职工的即期缴费支付未来退休职工的基础养老金是不现实的。可行的解决办法是:第一,修改基础养老金的计发办法,目标是适度降低中高收入职工的个人替代率,增加低收入职工的个人替代率,平均替代率应适度降低;第二,增加国家财政对社会养老保险基金的投入并加强管理;第三,研究并适时推出延长退休年龄的方案。在个人账户养老金给付方面,目前的计发办法面临严重的长寿风险,必须认真研究新的个人账户养老金的管理和计发办法,尽量减少长寿风险的影响;同时研究其他可能的转移个人账户养老金长寿风险的手段,如将个人账户养老金给付年金化,即规定当职工退休时将个人账户积累基金全部或部分用于购买人寿保险公司或其它专门机构提供的养老年金产品,从而将长寿风险转移出去。

2、管理企业年金和商业养老保险中蕴含的长寿风险。根据本文的分析,寿险公司最终将承担商业养老保险计划的长寿风险,以及可能的由其他退休计划(如企业年金)转换成商业养老年金计划后所带来的长寿风险。因此,中国的寿险公司需要对长寿风险有充分认识并积极研究管理办法。可采取的管理办法包括:

(1) 再保险。寿险公司可以通过再保险将部分长寿风险转移给再保险公司。

(2) 限制养老保险的投保年龄,例如,使养老保险的购买延迟至退休日。前文的分析已经指出,养老保险的投保人的投保年龄越大,其预期余命的不确定性程度越低,长寿风险也越小,因此,推迟养老保险的投保年龄是管理长寿风险的有效方法之一。

(3) 用分红年金替代传统的非分红年金。分红年金的红利支付是非预定的,实际支付额包含利差益(损)、费差益(损)和死差益(损)的影响,因此能够实现对长寿风险的部分套期保值。

(4) 由于死亡险产品和年金险产品之间存在长寿风险的自然对冲,保险公司可以通过调整死亡险业务和年金险业务的比例并建立相应的监控指标对长寿风险进行对冲。

(5) 对具有高长寿风险业务打包并进行证券化(Cowley and Cummins(2005)对此进行了详细的介绍)。

(6) 发行死亡率指数衍生工具,将长寿风险证券化。借鉴死亡率指数衍生产品品种设计、发行机制设计和定价的研究成果,设计适合中国养老保险长寿风险管理的死亡率指数衍生产品。

3、死亡率规划和死亡率指数的编制。针对中国养老保险保障群体目前和今后的变化特点,需要发展完善中国人口死亡状况的数据收集和处理办法,及时公布相关死亡数据。建议成立专门的部门(如英国的 CMIB)对中国的死亡率变动进行规划,定期公布死亡率规划数据,为预定死亡率的选择提供依据。

4、完善保险监管。保险监管部门应重视长寿风险的影响,对相关精算办法加以修订,以规避长寿风险的不利影响。例如在有关法定责任准备金提留的精算规定中,可规定保险公司可以以规定模型计算得出的未来死亡率变动数据作为计算依据,计算法定责任准备金,并为寿险产品定价提供参考。

⁵ 目前向我国社会基本养老保险计划的缴费标准为:企业缴费为工资总额的 20%,个人缴费为个人工资的 8%。

参考文献

- [1]Alho J. M. and Spencer B., 1985, Uncertain population Forecasting, *Journal of the American Statistical Association*, 80:306-314.
- [2]Biffis E., 2005, Affine processes for dynamic mortality and actuarial valuations, *Insurance: Mathematics and Economics*, 37:443-468.
- [3]Blake D., 2003, Reply to “Survivor Bonds: A Comment on Blake and Burrows”, *The Journal of Risk and Insurance*, 70(2): 349-351.
- [4]Blake D., Cairns A. and Dowd K., 2006, Living with Mortality: Longevity Bonds and Other Mortality-linked Securities, *British Actuarial Journal*, 12(1): 153-197.
- [5]Blake D., Cairns A., Dowd K. and MacMinn R., 2006, Longevity Bonds: Financial Engineering, Valuation, and Hedging, *The Journal of Risk and Insurance*, 73(4): 647-672.
- [6]Blake D. and W. Burrows, 2001, Survivor Bonds: Helping to Hedge Mortality Risk, *The Journal of Risk and Insurance*, 68(2): 339-348.
- [7]Brouhns N., Denuit M. and Vermunt J.K., 2002, A Poisson log-bilinear regression approach to the construction of projected lifetables, *Insurance: Mathematics and Economics* 31:373-393.
- [8]Brown J. R. and Orszag P. R., 2006, The political Economy of Government-Issued Longevity Bonds, *The Journal of Risk and Insurance*, 73(4): 611-632.
- [9]Cairns A. J. G., Blake D. and Dowd K., 2006a, Pricing Death: Frameworks for The Valuation and Securitization of Mortality Risk, *ASTIN Bulletin*, 36(1):79-120.
- [10]Cairns A. J. G., Blake D. and Dowd K., 2006b, A Two-factor Model for Stochastic Mortality with Parameter Uncertainty: Theory and Calibration, *The Journal of Risk and Insurance*, 73(4): 687-718.
- [11]Carriere J. F., 1992, Parametric Models for Life Tables, *Transactions of the Society of Actuaries* 44: 77-99.
- [12]Cowley A. and D. Cummins, 2005, Securitization of Life Insurance Assets and Liabilities, *The Journal of Risk and Insurance*, 72(1): 193-226.
- [13]Cox S. H., Lin Y., Wang S., 2006, Multivariate Exponential Tilting and Pricing Implications for Mortality Securitization, *The Journal of Risk and Insurance*, 73(4): 719-736.
- [14]Dahl, M. and Møller T., 2005, Valuation and Hedging of Life Insurance Liabilities with systematic Mortality Risk, *Insurance: Mathematics and Economics*, 39: 193-217
- [15]Dowd K., 2003, Survivor Bonds: A Comment on Blake and Burrows, *The Journal of Risk and Insurance*, 70(2): 339-348.
- [16]Dowd K., Blake D., Cairns A. J. and Dawson P., 2006 Survivor Swaps, *The Journal of Risk and Insurance*, 73(1): 1-17.

- [17]Forfar D., Mcgutcheon J. and Wilkie A., 1988, On Graduation by Mathematical Formula, *Journal of Institute of Actuaries* 115: 1-149.
- [18]Forfar, D.O., Smith, D.M., 1988, The changing shape of English life tables. *Transactions of the Faculty of Actuaries*, 40: 98-134.
- [19]Helligman L. and Pollard J., 1980, The Age Pattern of Mortality, *Journal of the Institute of Actuaries* 107: 49-75
- [20]Huang J., Yang S., Wang J. and Tsai J.T., 2007, The optimal Product Mix for Hedging Longevity Risk in Life Insurance Companies, *The Third International Longevity Risk and Capital Market Solutions symposium*.
- [21]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.
- [22]Lee R., 2000, The Lee-Carter Method for Forecasting Mortality with Various Extensions and Applications, *North American Actuarial Journal* 4: 80-93
- [23]Lee R. and Carter L., 1992, Modelling and Forecasting U.S. Mortality, *Journal of the American Statistical Association*, 87: 659-671.
- [24]Lin Y. and Cox S. H., 2005, Securitization of Mortality Risks in Life Annuities, *The Journal of Risk and Insurance*, 72(2): 227-252.
- [25]MacMinn R., Brockett P. and Blake D., 2006, Longevity Risk and Capital Markets, *The Journal of Risk and Insurance*, 73(4): 551-557.
- [26]Milevsky M. A. and Promislow S. D., 2001, Mortality Derivatives and the Option to Annuitise, *Insurance: Mathematics and Economics*, 29: 299-318.
- [27]Milevsky M. A., Promislow S. D. and Young V. R., 2006, Killing The Law of Large Numbers: Mortality Risk Premiums and the Sharpe Ratio, 73(4):673-686.
- [28]Renshaw A. E. and Haberman S., 2006, A cohort-based extension to the Lee-Carter model for mortality reduction factors. *Insurance: Mathematics and Economics*, 38: 556-570.
- [29]Sithole, T. Z., Haberman S. and Verrall R. J., 2000, An Investigation into Parametric Models for Mortality Projections, With Applications to Immediate Annuitants' and Life Office Pensioners' Data, *Insurance: Mathematics and Economics* 27: 285-312.
- [30]Stallard E., 2006, Demographic Issues in Longevity Risk Analysis, *The Journal of Risk and Insurance*, 73(4): 575-609.
- [31]Thatcher A., 1999, The Long-term Pattern of Adult Mortality and the Highest Attained Age, *Journal of the Royal Statistical Society, Series A* No. 162: 5-43.
- [32]Turner A., 2006, Pensions, Risks and Capital Markets, *The Journal of Risk and Insurance*, 73(4): 559-574.

- [33]Wang S., 1996, Premium Calculation by Transforming the Layer Premium Density, *ASTIN Bulletin*, 26(1):71-92.
- [34]Wang S. S., 2000, A Class of Distribution Operators for Pricing Financial and Insurance Risks, *The Journal of Risk and Insurance*, 67(1): 15-36.
- [35]Wang S. S., 2002, A Universal Framework for Pricing Financial and Insurance Risks, *ASTIN Bulletin*, 32(2): 213-234.
- [36]Wilmoth, J.R., 1993. Computational methods for fitting and extrapolating the Lee-Carter model of mortality change. Technical report. Department of Demography. University of California, Berkeley.
- [37]Wong-fupuy C. and Haberman S., 2004, Projecting Mortality Trends: Recent Developments in The United Kingdom and The United States, *North American Actuarial Journal*, 8(2): 56-83.
- [38]陈秉正, 祝伟, 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*, 3: 56-58.
- [39]尹莎, 2005, 运用Lee-Carter方法预测中国人口死亡率, *Master Thesis*, 湖南大学.
- [40]Walker P., Bowers T., Binder S., 胡忠兵, 安琳, 2006, 麦肯锡关于中国寿险业的最新研究报告(上), *保险研究*, 1: 22-27.
- [41]王琳, 2004, 中国老年人口高龄化趋势及原因的国际比较分析, *人口与经济*, 1: 6-11.
- [42]魏迎宁, 2006, 中国寿险业发展的又一里程碑—中国人寿保险业经验生命表(2000~2003)编制成功, *中国金融*, 2: 9-10.
- [43]杨步青, 2006, 新生命表对最低法定责任准备金的影响. *上海保险*, 5: 48-51.
- [44]张二力, 郭震威, 苏荣桂等, 1998, 中国中长期人口发展趋势预测全国和分地区人口预测, 北 京: 中国人口出版社.

A Review of Longevity Risk Management

Abstract: Along with economic and social development, population mortality is improving and longevity risk arises from pension plans and annuities. In this paper, we review the study of longevity risk management. Some management instruments for longevity risk are introduced, such as financial derivatives of mortality index. The pricing methods of longevity risk are described. Finally, we analyze longevity risk of endowment insurance system in China, and discuss some strategies to manage the risk.

Keywords: Longevity Risk; Endowment insurance; Risk pricing