

公平偏好下科技保险风险补偿研究

罗 琰^a, 殷俊明^b

(南京审计大学 a.金融学院 b.会计学院 江苏 南京 211815)

[摘要]打破“经济自利人”假定,将代理人公平偏好心理因素引入科技保险风险补偿合同。在委托-代理分析框架下,研究公平偏好倾向和风险厌恶对风险补偿合同设计的影响。研究结论表明,边际补偿系数随着保险公司公平偏好强度及委托人的风险厌恶系数的增加而递增,但随着保险公司风险厌恶程度增加而递减。当风险厌恶系数取值适中时,保险公司公平偏好的引入显著增加了合同的边际补偿率。

[关键词] 公平偏好; 风险厌恶; 科技保险; 风险补偿; 委托-代理

[中图分类号] F842.6 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1004-4833(2019)06-0089-11

一、引言

科技保险是随着中国高新技术产业发展应运而生的一类保险,是保险公司为科技型企业管理研发失败、科技成果转化不利等各种不确定性风险而发行的一类创新型险种。《国务院关于保险业改革发展的若干意见》及《关于加强和改善对高新技术企业保险服务有关问题的通知》的发布,为推动中国科技进步以及高新技术产业的壮大奠定了坚实基础。地方政府也纷纷出台相应的支持政策,如江苏省2015年印发了《江苏省科技保险风险补偿资金实施细则》,明确了专项补偿资金的使用细则。

在学术界,国外研究文献并未将科技保险作为一个相对独立的概念特别指明。国内研究文献中,谢科范、倪曙光最早阐述了科技保险的概念^[1]。近二十年来,随着科技的发展和国家的重视,科技保险的研究吸引了越来越多学者的关注。有文献从科技保险的经济解释、科技保险发展和风险补偿政策等方面进行了定性研究。陈雨露重新界定了科技风险与科技保险^[2]。邵学清、刘志春从科技保险的准公共产品属性等方面给出了政策性科技保险的分析框架^[3]。吕文栋等提出了完善科技保险制度、丰富科技保险产品、政策性保险和商业保险协同发展的基本思想^[4]。胡慧源、王京安对政策性科技保险的存在性进行了经济学分析,他们指出由于科技保险市场存在外部性效应和价格效应,政府应采取财税等政策进行适当干预,才能促使科技保险市场健康发展^[5]。还有文献对科技保险问题进行了定量研究。谢科范等构建了一个不完全信息动态博弈模型,对科技保险实施过程中三方的策略选择进行了分析^[6]。薛伟贤、刘倩和刘骏利用问卷调查数据,得到了科技保险的不同险种对提升科技企业盈利能力的提升才有显著效果的结论^[7]。吕文栋、赵杨实证研究了财政补贴和产品创新对科技保险参保意愿具有显著影响^[8]。黄英君等、蔡永清、周传喜等研究了政府对科技保险最优财政补贴模型,不过他们并没有计算最优补贴策略的显示解,而且其文献中也没有分析科技保险业务本身盈亏波动所承担的风险成本^[9-11]。罗琰考虑了双边风险厌恶偏好对风险补偿合同的影响,分析了承保业务盈亏对补偿策略的改变^[12]。

考虑到科技保险的政策性属性特征,本文研究还将涉及委托代理理论。委托代理关系在经济管理中无处不在,研究委托代理关系的文献,一类是委托代理理论自身理论模型的发展,另一类是委托代理理论在经管领域实际问题应用。Holmstrom和Milgrom建立的线性委托代理模型是最为经典、引用最为广泛的模型之一^[13]。Sannikov将委托代理模型推广到连续时间动态模型,揭示了代理人回报和努力行为的动态特性^[14]。He利用连续时间委托代理理论研究了企业最优薪酬设计和动态资本结构^[15]。国内学者对委托代理问题的一直方兴未艾。罗

[收稿日期] 2018-10-28

[基金项目] 国家社会科学基金资助项目(17AGL024,14BGL193);江苏省高校哲学社会科学基金项目(2017SJB0343);江苏省高校优势学科三期南京审计大学应用经济学(苏政办发[2018]87号)

[作者简介] 罗琰(1979—),男,湖南郴州人,南京审计大学金融学院副教授,博士,从事数量金融与风险管理研究,Email: luoyanfinance@126.com;殷俊明(1972—),男,江西人,南京审计大学会计学院教授,博士,从事财务管理研究。

琰、刘晓星考虑委托代理双方都具有风险厌恶偏好,研究了存在外部监督时的合同设计^[16]。甘柳、杨招军和罗鹏飞研究了托宾Q投资理论中存在的委托代理关系,利用随机控制理论和鞅方法得到合同激励相容充分必要条件及最优投资策略^[17]。但是,将委托代理理论引入到科技保险问题的研究文献却仍然不多。更需要关注的是上述文献都沿袭新古典经济学中理性人的基本假定。但众多现象表明,心理因素和非理性行为对委托代理关系具有不可忽略的作用。行为经济金融学能够很好地解释众多传统经济金融学无力解释的市场异象。代理人过度自信、过度乐观、投资者情绪、公平偏好等因素都会对委托代理激励合同带来实质影响。考虑过度自信因素,黄健柏、杨涛和伍如昕研究了具有不同过度自信水平的委托代理关系,分析了次优和最优情形下委托人和代理人非对称过度自信水平对努力水平、激励系数的影响^[18]。罗琰、刘晓星研究了基于双边过度自信及风险厌恶的委托代理模型^[19]。还有一些突破委托代理框架中理性人假定的是将公平偏好纳入模型。代理人并不仅仅关注自身利益,还关注自己所获收益是否公平,而对分配公平的关心将影响代理人的行为决策。Rabin构造了一个引入公平偏好的博弈论体系^[20]。蒲勇健把行为人具有公平博弈的倾向引入到委托代理问题的研究,考虑代理人具有互惠性偏好的非理性行为委托代理模型^[21]。黄健柏、徐珊和刘笃池将公平偏好理论纳入具有股权激励模式的双重委托代理分析框架中^[22]。

本文首次将公平偏好纳入科技保险风险补偿合同设计,研究代理人公平偏好倾向对风险激励机制及努力行为的影响。本文的科技保险风险补偿支持对象是保险公司,不涉及投保人保费补贴。科技保险风险补偿资金通常用于支持保险公司分散分担科技型企业创新发展过程中所面临的各种风险,具体支持方式有科技保险保单赔付风险补偿等。本文的贡献在于:第一,将公平偏好引入科技保险风险补偿激励机制;第二,分析了公平偏好及风险厌恶倾向共同作用下风险激励机制的变化,求解出风险补偿策略及努力水平的显示解;第三,分析了公平偏好及风险厌恶倾向对信息价值的影响。余下内容安排如下:第二节是风险补偿模型的构建,第三节是风险补偿模型求解,第四节是数值算例及经济学分析,第五节是结论及政策建议。

二、模型构建

(一) 模型基本假设

传统委托代理研究中,一般假设代理人是风险厌恶偏好的,而委托人却是风险中性偏好的。在科技保险风险补偿机制中,政府财力的相对有限性与保险公司的商业经营特性决定了双方都具有风险厌恶偏好,这更符合行为人的心理特征。这里的风险厌恶偏好与文中将要构建的公平偏好其内涵是不一样的,它们分别刻画了行为人的不同心理特征,具有风险厌恶偏好的人可同时厌恶不公平。代理人可以具有公平、互惠等非理性行为,而非完全是理性自利的。

我们不妨假设保险公司经营科技保险业务具有风险厌恶倾向,具有常绝对风险厌恶负指数效用函数 $u(w) = -e^{-\gamma w}/\gamma$,这里 $\gamma = -u''/u'$ (>0)表示保险公司的绝对风险厌恶系数,刻画了保险公司的风险厌恶水平。同样,我们假设政府也是风险厌恶的,具有常绝对风险厌恶指数效用函数 $u_1(w) = -e^{-\gamma_1 w}/\gamma_1$,这里 $\gamma_1 = -u_1''/u_1'$ (>0)代表政府的绝对风险厌恶系数,刻画了对政府风险厌恶水平。 γ 与 γ_1 可以取不同参数值,也就是说保险公司与政府的风险厌恶程度不一定一致。 γ 与 γ_1 越大,意味着保险公司和政府越是厌恶风险,反之, γ 和 γ_1 越小,则意味他们的风险厌恶程度越弱^[16]。

科技保险的供给水平取决于保险公司的努力程度,同时不确定的经济环境也对科技保险的供给水平有重要影响。本文假设保险公司提供的科技保险的水平 π 与其努力程度 a (>0)呈线性关系,而且外部随机经济金融环境 θ 也影响其供给水平 π 。我们不妨假设科技保险供给水平的数学表达式如下^[23]:

$$\pi = \lambda a + \theta \quad (1)$$

这里, a 刻画了保险公司愿意付出的努力水平,是保险公司的决策变量; λ 刻画了单位努力程度的供给水平,或称之为边际产出效率; θ 表示影响科技保险供给的不确定经济环境,服从数学期望为零而方差为 σ^2 的正态分布,即 $\theta \sim N(0, \sigma^2)$,它是不受保险公司和政府控制的一维随机变量。由式(1)可得,保险公司向市场提供科技保险产品的数学期望及方差为:

$$E\pi = E(\lambda a + \theta) = \lambda a, D\pi = E(\lambda a + \theta) = \sigma^2 \quad (2)$$

科技保险的供给需要保险公司付出努力成本,我们假设成本可以货币化,且与其努力程度存在正相关性。

所以,科技保险供给量越大,就需付出越多的努力,即货币化成本也越大。本文设供给成本函数具有如下形式:

$$c(a) = ba^2/2 \quad (3)$$

这里 $b (> 0)$ 表示保险公司运营科技保险的成本系数,与保险公司的业务开展能力负相关,即 b 越大,意味着同样的努力水平承担的负效用越大。易知成本函数关于努力程度的一阶偏导数大于零,即 $\partial c/\partial a > 0$,这说明保险公司提供科技保险的成本随着努力程度的增加而递增。同时, $\partial^2 c/\partial a^2 > 0$,表明随着努力程度的增加,相应努力成本增加的更快,也说明科技保险存在一个最小的投入成本值。本文的努力成本包括新险种的开发费用、保险精算费用以及保险经营费用等,但是没有涵盖科技保险出险时所面临的保险赔付。

为鼓励保险公司开展科技保险业务,从供给侧层面提升科技保险产品服务的数量和质量,政府有关单位将向保险公司提供科技保险风险补偿,其目标是降低保险公司经营科技保险过程中可能的损失风险,适当增加公司盈利。我们不妨假设风险补偿总额 $s(\pi)$ 与科技保险供给水平相关,由固定风险补偿部分及边际风险补偿部分构成,具有如下形式:

$$s(\pi) = \alpha + \beta\pi \quad (4)$$

这里, α 是固定风险补偿额, β 是保险公司因承担科技保险业务风险所获得的边际收益,即每增加一个单位的产出,保险公司的报酬增加 β 单位,该指标刻画了政府对科技保险业务的激励强度。换一个视角来说, β 也刻画了风险分担水平。特别地,当 $\beta = 0$ 时,风险补偿合同为固定补偿形式。此时,不管科技保险供给水平如何变化,保险公司都将获得确定的补偿额,即此时不承担任何供给水平变化带来的风险;当 $\beta = -1$ 时,政府将承担供给水平变化带来的全部风险,同时按比例分享供给水平变化带来的收益。当 $\beta = 1$ 时,保险公司承担供给水平变化带来的全部风险,同时也将按比例享受供给水平变化带来的收益。所以,由式(4)容易计算政府对科技保险业务提供的平均补偿规模为:

$$E[s(\pi)] = \alpha + \beta\lambda a \quad (5)$$

(二) 委托人财富过程

本文不考虑政府的其他任何特殊私利,政府主导的科技保险业务所获得的收入可以表述为如下形式:

$$w_c = \pi - s(\pi) = -\alpha + (1 - \beta)\lambda a + (1 - \beta)\theta \quad (6)$$

在政府具有风险厌恶偏好的假设下,政府的决策依据是基于效用理论的期末财富效用最大化。下面本文将确定性等价(Certainty Equivalent)财富的概念,设 u_1 为委托人偏好的负指数效用函数,对于任意的财富随机变量,都存在一个确定性的常量,使得下式成立:

$$u_1(w_0) = E[u_1(w)] \quad (7)$$

我们称 w_0 是 w 在负指数效用函数下的确定性等价财富水平。式(7)的直观意义是,委托人从随机财富 w 中获得的期望效用水平与从确定性财富 w_0 获得的期望效用水平等价。所以,政府基于期末财富效用最大化决策准则就可以转化为期末确定性等价财富最大化决策准则。接下来,我们假设政府具有常绝对风险厌恶负指数效用函数,其确定性等价财富由如下式(8)获得:

$$E[u_1(\pi - s(\pi))] = E\left[-\frac{1}{\gamma_1} \exp(-\gamma_1(\pi - (\alpha + \beta\pi)))\right] = -\frac{1}{\gamma_1} \exp\left(-\gamma_1\left(-\alpha + (1 - \beta)\lambda a - \frac{1}{2}\gamma_1(1 - \beta)^2\sigma^2\right)\right) \quad (8)$$

由式(8)可得政府的确定性等价财富水平为:

$$w_{c0} = -\alpha + (1 - \beta)\lambda a - \frac{\gamma_1}{2}(1 - \beta)^2\sigma^2 \quad (9)$$

(三) 代理人财富过程

保险公司经营科技保险业务从而获得政府给予风险补偿的行为可用传统委托代理模式来刻画。不过,本文与传统委托代理模式不一样的地方在于:一方面保险公司具有代理人的角色,在努力开展科技保险工作,从而获得政府的风险补偿;另一方面,更重要的是它还面临着开展科技保险业务自身所带来的盈亏,即保费收入与随机索赔的差值。承保业务的平均盈亏水平将显著影响保险公司的努力程度,从而影响政府财政资金补偿水平。因此,这与传统委托代理模型存在显著差异,将科技保险业务自身盈亏写入委托代理合同具有显著的背景。因此,在不考虑代理人具有公平偏好时,保险公司财富水平可表示如下:

$$w = s(\pi) - c(a) + y(\pi) \quad (10)$$

其中, $s(\pi)$ 、 $c(a)$ 分别为式(3)与式(4)所定义的风险补偿额及努力成本。 $y(\pi)$ 为科技保险业务的盈亏额, 即为保费收入减去随机赔付。我们不妨假设承保业务的盈亏与科技保险供给水平为线性关系:

$$y(\pi) = (r - e)\pi \quad (11)$$

这里, r 是保单平均保费收入率, e 是保单平均赔付额率。若 $r - e > 0$, 表示平均来说科技保险业务盈利; 反之, 若 $r - e < 0$, 表示科技保险业务亏损; 若 $r - e = 0$, 表示科技保险业务保本。

因此, 由式(3)、式(4)、式(10)及式(11)可知, 在不考虑代理人具有公平偏好时, 保险公司财富水平可以进一步表述为:

$$w = \alpha + (\beta + r - e)\pi - \frac{ba^2}{2} = \alpha + (\beta + r - e)\lambda a - \frac{ba^2}{2} + (\beta + r - e)\theta \quad (12)$$

下面, 本文进一步考虑行为人在关注自身利益的同时还关注公平偏好。代理人对风险补偿收入公平性的评价标准可以分为纵向比较和横向比较, 纵向比较指的是与委托人收入比较, 而横向比较指的是与其他代理人收入比较。由于本文仅研究只有一个代理人的情形, 因此, 考虑代理人将其收入与委托人收入进行比较。在公平偏好作用下, 代理人实际净收入不仅包括式(12)所定义的随机收入, 还包括合同参与人之间收入比较部分。第一种情形是委托人的收入比代理人收入高, 因而代理人会因自身收入相对较低从而嫉妒委托人, 并导致其效用损失。第二种情形是代理人的收入比委托人收入高, 因而代理人会因自身收入相对较高而感到自豪, 并产生正效用。我们不妨将包含公平偏好时保险公司的财富过程表述为下式:

$$w_i = w + k_1 \max\{s(\pi) - w_c, 0\} - k_2 \max\{w_c - s(\pi), 0\} \quad (13)$$

这里, $k_1 (\geq 0)$ 代表保险公司自豪偏好强度, $k_2 (\geq 0)$ 代表保险公司嫉妒偏好强度。通常行为人对损失的敏感强度大于对同等收益的敏感强度, 即有 $k_2 \geq k_1$, 代理人的嫉妒偏好强度大于等于自豪偏好强度。为简化计算, 本文假设代理人对自豪和嫉妒的不公平感受强度相同, 即有 $k_1 = k_2 = k (\geq 0)$, k 越大表示公平偏好程度越强, 反之公平偏好程度越弱, 当 $k = 0$ 时, 表示代理人不关注公平偏好, 即回到“自利人”的假设基础上, 则本文模型可简化为下式^[12], 该简化不影响模型最终分析结果, 因此, 代理人财富过程可简化为:

$$\begin{aligned} w_i &= s(\pi) - c(a) + y(\pi) + k[s(\pi) - w_c] \\ &= (2k + 1)\alpha + ((2k + 1)\beta - k + r - e)\lambda a - \frac{ba^2}{2} + [(2k + 1)\beta - k + r - e]\theta \end{aligned} \quad (14)$$

由式(14)可知, 保险公司财富水平的数学期望和方差分别为:

$$E[w_i] = (2k + 1)\alpha + ((2k + 1)\beta - k + r - e)\lambda a - \frac{ba^2}{2} \quad (15)$$

$$D[w_i] = [(2k + 1)\beta - k + r - e]^2 \sigma^2 \quad (16)$$

由第一节假设可知, 保险公司也是风险厌恶的, 其决策依据是基于效用理论的期末财富效用最大化。因为保险公司是常绝对风险厌恶的, 本文很容易计算其确定性等价财富。

$$\begin{aligned} &E[u(w)] \\ &= E\left[u\left(\frac{(2k + 1)\alpha + ((2k + 1)\beta - k + r - e)\lambda a - \frac{ba^2}{2} + [(2k + 1)\beta - k + r - e]\theta}{[(2k + 1)\beta - k + r - e]}\right)\right] \\ &= -\frac{1}{\gamma} \exp\left(-\gamma\left[\frac{(2k + 1)\alpha + ((2k + 1)\beta - k + r - e)\lambda a - \frac{ba^2}{2}}{[(2k + 1)\beta - k + r - e]} - \frac{1}{2}\gamma[(2k + 1)\beta - k + r - e]^2 \sigma^2\right]\right) \end{aligned} \quad (17)$$

由式(7)及式(17), 我们得到保险公司的确定性等价财富为:

$$w_{i0} = (2k + 1)\alpha + ((2k + 1)\beta - k + r - e)\lambda a - \frac{ba^2}{2} - \frac{1}{2}\gamma[(2k + 1)\beta - k + r - e]^2 \sigma^2$$

$$\text{即 } w_{i0} = E[w] - \frac{1}{2}\gamma[(2k + 1)\beta - k + r - e]^2 \sigma^2 \quad (18)$$

这里,式(18)右边第二项 $\frac{1}{2}\gamma[(2k+1)\beta - k + r - e]^2\sigma^2$,它是由保险公司承保科技保险业务所承担的额外成本,本文称之为风险成本。

三、模型求解

基于委托人及代理人都具有风险厌恶偏好,保险公司承保科技保险业务及政府对科技保险业务提供风险补偿的目标都是最大化各自财富期望效用水平。所以,本文的问题可以描述为政府相关部门如何利用有限的财政资金,做出最优的风险补偿决策以最大化自身的期望效用。同时,保险公司选择自身的努力水平,产出相应的科技保险产品,与政府签订风险补偿合同,以达到自身财富期望效用最大化。本文构造如下有关风险补偿的最优化模型:

$$\max_{\alpha, \beta, a} E[u(\pi - s(\pi))] \tag{19}$$

$$s.t. (IR) E[u(s(\pi) - c(a))] \geq u(\bar{w}) \tag{20}$$

$$(IC) a \in \arg \max_a E[u(s(\pi) - c(a))] \tag{21}$$

这里,式(19)表示委托人最大化自身财富期望效用目标函数。式(20)称之为保险公司参与约束条件^[26],也称为个人理性约束(IR)。所谓参与约束是指公司从科技保险业务中获得的期望效用水平要大于等于放弃科技保险业务时所可能获得的保留效用。其中,保留效用取决于市场经济环境,如一个国家的整体经济运行状况、保险行业的平均盈利水平等。式(21)称之为保险公司的激励相容约束(IC)^[23],即保险公司付出努力水平必须建立在自身财富期望效用最大化的基础之上。

(一) 对称信息时模型求解

若保险公司的行为决策可以被观测,政府和保险公司之间的信息完全对称,政府将根据观测到有关保险公司的信息对其进行激励。此时,政府风险补偿策略选择是建立在行动上,风险补偿问题的约束条件只需满足式(20)所示的个人理性约束即可。这时,最优风险补偿问题变为求解式(19)、式(20)所刻画的最优化问题。由于信息完全对称,理性的委托人不会支付超过保留效用 $u(\bar{w})$ 收入水平 \bar{w} 之上的金额。因此,式(20)中的等号成立,也就是参与约束式此时化成了等式约束:

$$E[u(s(\pi) - c(a))] = u(\bar{w}) \tag{22}$$

因此,假设政府分别和保险公司具有负指数风险厌恶效用函数条件下,由式(19)、式(22)所刻画的最优问题可化为如下形式:

$$\max_{\alpha, \beta, a} \left\{ -\alpha + (1 - \beta)\lambda a - \frac{\gamma_1}{2}(1 - \beta)^2\sigma^2 \right\} \tag{23}$$

$$s.t. (IR) \bar{w} = (2k + 1)\alpha + ((2k + 1)\beta - k + r - e)\lambda a - \frac{ba^2}{2} - \frac{1}{2}\gamma[(2k + 1)\beta - k + r - e]^2\sigma^2 \tag{24}$$

为求解式(23)和式(24)所刻画的最优化问题,本文首先把参与约束条件写为固定风险补偿额的解析式,再代入式(23)。此时,风险补偿问题为如下式(25)所示的无约束条件的最优化问题:

$$\max_{\alpha, \beta, a} \left\{ \frac{1}{(2k + 1)} \left[-\bar{w} + ((2k + 1)\beta - k + r - e)\lambda a - \frac{ba^2}{2} - \frac{1}{2}\gamma((2k + 1)\beta - k + r - e)^2\sigma^2 \right] + (1 - \beta)\lambda a - \frac{\gamma_1}{2}(1 - \beta)^2\sigma^2 \right\} \tag{25}$$

由最优化理论的一阶条件,式(25)分别对努力水平 a 及边际科技保险风险补偿系数 β 求一阶偏导数,可得对称信息情形下保险公司最优努力水平 a_0^* 为:

$$a_0^* = \frac{(k + 1 + r - e)\lambda}{b} \tag{26}$$

政府最优边际风险补偿系数 β_0^* 为:

$$\beta_0^* = \frac{\gamma_1 - \gamma(r - e - k)}{\gamma(2k + 1) + \gamma_1} \tag{27}$$

由式(26)及式(27)可得对称信息情形下科技保险最优固定风险补偿额 α_0^* 为:

$$\alpha_0^* = \frac{1}{2k+1} \left\{ \frac{\bar{w} - ((2k+1)\beta^* - k + r - e)\lambda a^* + \frac{ba^{*2}}{2} + \frac{1}{2}\gamma[(2k+1)\beta^* - k + r - e]^2\sigma^2}{2} \right\} \quad (28)$$

结论1:在对称信息条件下,保险公司最优努力水平随着其公平偏好倾向 k 的提高和科技保险平均盈利水平 $r - e$ 增加而增加,而随着努力成本系数 b 的增加而减少,但是与边际补偿系数 β_0^* 及产出水平的波动率 σ^2 无关。

结论2:在对称信息条件下,最优边际风险补偿系数 β_0^* 随承保业务的平均盈利水平 $r - e$ 增加而递减,而与产出水平的波动率 σ^2 无关。

显然,结论1由式(26)即可直接获得,结论2由式(27)也可直接判断。由于在对称信息情形下委托人与代理人彼此可以观测对方的行为,而且所掌握的外部经济信息是一致的,边际补偿系数同时也是代理人承担风险水平的代理变量。因此,风险补偿系数 β_0^* 与产出水平的波动率 σ^2 无关,而与科技保险平均盈利水平及双方的风险厌恶程度有关。科技保险平均盈利水平越高,保险公司越觉得开展此项业务是有利可图的,越不需要政府的边际补偿。至于边际补偿系数与代理人的公平偏好强度 k 、风险厌恶系数及委托人的风险厌恶系数之间的关系似乎无法直接从表达式中看出。但是,我们利用 MATLAB 软件做数值计算,容易得知边际风险补偿系数随着公平偏好水平的增加而递增,随着保险公司风险厌恶程度的增加而减少,且随着政府的风险厌恶程度的增加而增加。这与非对称信息情形下边际补偿系数与各相关参数的变化规律是一致的,因此本文在第四节中再对此结论进行经济学解释。

还需要指出的是,本文发现由于科技保险业务自身盈亏引入激励合同中,最优边际风险补偿系数 β_0^* 的取值可能会小于零。显然,若盈利 $(r - e)$ 足够大,或者保险公司风险厌恶程度 γ 非常大, β_0^* 的取值可以小于零。但是,保险公司公平偏好的引入会降低 β_0^* 取值为负的概率。这与传统没有额外营运收入的委托代理模型是截然不同的,也体现了公平偏好引入对风险补偿的正向调节作用。传统对称信息委托代理模型中,由于代理人的行为可观测,政府无须对保险公司进行边际激励,最优边际激励系数等于零。而在本文中,只有当委托人与代理人的风险厌恶系数比值满足 $\gamma_1/\gamma = r - e - k$ 时,边际激励系数等于零,其他情形皆不为零。究其原因,正是因为本文给出政府及保险公司都具有风险厌恶偏好所带来的结论。毫无疑问,双边风险厌恶偏好比仅仅考虑代理人风险厌恶偏好,而委托人确是风险中性偏好的假设更符合行为人的心理特征。

(二) 非对称信息时模型求解

当保险公司与政府信息不对称时,上一小节的结论将会发生改变。因为此时政府并不能完全观测到保险公司的行动。产出的大小究竟多少比率是保险公司努力的结果,多少比率是因为不确定性经济环境影响的结果,委托人无法得知。所以,如果缺乏对代理人的有效监督,则无论委托人对代理人的奖惩如何设定,都不会对代理人的努力程度产生任何影响,而且委托人不能用强迫的方式要求代理人选择其所希望的决策。但是,政府可以通过鼓励措施引导保险公司选择其希望的行动。所以,这里的激励相容约束起作用。在这种情形下,政府面临着两种约束条件,既要满足代理人的激励相容约束,还要满足代理人的参与约束。所以,本小节需要解决由式(19)、式(20)及式(21)所刻画的最优化问题。

由式(18),对激励相容约束条件式(21)求解关于努力水平 a 的一阶偏导数可得:

$$a = \frac{((2k+1)\beta - k + r - e)\lambda}{b} \quad (29)$$

因此,风险补偿的最优化问题可以重新写为如下表达式:

$$\max_{\alpha, \beta, a} \left\{ -\alpha + (1 - \beta)\lambda a - \frac{\gamma_1}{2} (1 - \beta)^2 \sigma^2 \right\} \quad (30)$$

$$s.t. (IR) \bar{w} = (2k+1)\alpha + ((2k+1)\beta - k + r - e)\lambda a - \frac{ba^2}{2} - \frac{1}{2}\gamma[(2k+1)\beta - k + r - e]^2\sigma^2 \quad (31)$$

$$(IC) a = \frac{((2k+1)\beta - k + r - e)\lambda}{b} \quad (32)$$

此时最优化问题的求解,只需要将式(31)参与约束及式(32)激励相容约束条件代入式(30)即有如下式子:

$$\max_{\beta} \left\{ \begin{aligned} & \frac{1}{(2k+1)} \left\{ -\bar{w} + \frac{((2k+1)\beta - k + r - e)^2 \lambda^2}{2b} - \frac{1}{2} \gamma [(2k+1)\beta - k + r - e]^2 \sigma^2 \right\} \\ & + \frac{(1-\beta)((2k+1)\beta - k + r - e)\lambda^2}{b} - \frac{\gamma_1}{2} (1-\beta)^2 \sigma^2 \end{aligned} \right\}$$

由最优化理论的一阶条件可得科技保险边际风险补偿系数 β 满足如下等式:

$$-\gamma [(2k+1)\beta - k + r - e] \sigma^2 + \frac{(1-\beta)(2k+1)\lambda^2}{b} + \gamma_1 (1-\beta) \sigma^2 = 0 \quad (33)$$

求解式(33)可得非对称信息情形下科技保险最优边际补偿系数 β^* 为:

$$\beta^* = \frac{(2k+1)\lambda^2 + b\gamma_1\sigma^2 - b\gamma(r-e-k)\sigma^2}{(2k+1)\lambda^2 + b\gamma_1\sigma^2 + b\gamma(2k+1)\sigma^2} \quad (34)$$

从而,立即可得保险公司的最优努力程度 a^* 为:

$$a^* = \frac{((2k+1)\beta^* - k + r - e)\lambda}{b} \quad (35)$$

其中, β^* 由式(34)所确定。进一步,我们将式(34)、式(35)代入式(31)即可得非对称信息情形下科技保险最优固定风险补偿额 α^* 为:

$$\alpha^* = \frac{1}{2k+1} \left\{ \begin{aligned} & \bar{w} - ((2k+1)\beta^* - k + r - e)\lambda a^* + \\ & \frac{ba^{*2}}{2} + \frac{1}{2} \gamma [(2k+1)\beta^* - k + r - e]^2 \sigma^2 \end{aligned} \right\} \quad (36)$$

由式(34)可知,与对称信息情形时一样,由于科技保险业务自身盈亏被引入激励合同中,最优边际风险补偿系数 β^* 的取值也可能会小于零。但是,非对称信息情形下的风险补偿系数与产出水平的波动率 σ^2 相关。

特别地,当代理人承担全部风险时,即边际风险补偿系数 $\beta^* = 1$,非对称信息与对称信息情形下的最优努力水平相等。但是,如果 $\beta^* \neq 1$,则必有 $a^* < a_0^*$,即非对称信息条件下保险公司的最优努力水平 a_0^* 小于对称信息条件下的最优努力水平 a^* 。这是因为委托人在非对称信息条件下无法完全观测到代理人的行为,代理人不可避免地具有偷懒的机会主义动机。

由式(35)可知,在非对称信息情形下,努力成本系数的增加将导致努力水平的降低,而科技保险业务盈亏水平 $r - e$ 以及单位努力水平供给系数 λ 的增大则会促进代理人提高努力水平。此外,非对称信息情形下保险公司的努力水平与边际补偿系数也具有线性函数关系。因为此时委托人无法观测到代理人的努力水平,只能根据产出结果对代理人进行激励。保险公司的最优努力水平 a^* 随最优边际补偿系数 β^* 的增加而递增,随 β^* 的减少而递减。即代理人付出的努力水平越高,代理人可以获得的边际补偿越高;相应的,如果代理人获得的边际补偿水平越高,则代理人愿意付出的努力水平也越高。

非对称信息时的边际补偿系数 β^* 与对称信息情形时的补偿系数 β_0^* 大小关系无法直接观察得到,我们利用MATLAB软件计算可知有 $\beta^* > \beta_0^*$ 。另外,对于非对称信息情形下,政府与保险公司的风险厌恶系数 γ_1 、 γ 及保险公司公平偏好程度 k 对最优固定补偿额 α^* ,最优边际补偿系数 β^* 及最优努力水平 a^* 是本文分析的重点,在上述表达式中也无法直接观察其作用规律,本文留在第四节进一步阐述。

四、数值算例及经济学分析

(一) 数值算例

本小节利用MATLAB软件对非对称信息情形的结论给出一个算例,计算出给定公平偏好程度及风险厌恶水平下的最优风险补偿线性合同具体表达式。为简单起见,同时基于各参数实际经济意义,我们假设努力成本参数为 $b = 1$,即单位努力水平花费保险公司单位成本 $c(a) = ba^2/2 = 0.5$;假设保单平均保费收入减去保单平均赔付额比率 $r - e = 0.8$,即科技保险业务盈利;假设单位努力程度的边际产出效率 $\lambda = 3$;进一步假设保险公司保留收入水平为2,即放弃科技保险业务所能获得的最大期望收入为2,科技保险供给水平的波动率为 $\sigma^2 = 9$ 。另外,风险厌恶系数的取值大于零,数值越大表示风险厌恶程度越高。公平偏好系数取值大于零,数值越大表示公

平偏好倾向越强。

表1、表2及表3分别计算了政府风险厌恶系数 γ_1 、保险公司风险厌恶系数 γ 及公平偏好程度三种典型取值情形下,固定补偿额、边际风险补偿系数、平均补偿额、努力水平取值大小及政府获得的平均收益。

由表1至表3可知,若政府风险厌恶系数 $\gamma_1 = 2$,保险公司公平偏好程度 $k = 0.2$,风险厌恶系数 $\gamma = 2$ 时,则政府与保险公司签订的最优风险补偿合同为: $s(\pi) = 5.295 + 0.355\pi$,平均补偿额大小为 $E[s(\pi)] = 8.798$ 。此时,政府所获得收益的数学期望值为 $E[w_c] = 8.798$,保险公司的努力水平 $a = 2.258$ 。

表1至表3说明,在不同参数取值下,固定补偿额、边际补偿系数及政府的平均收益取值可以为正数,也可能取到负数。但是,平均补偿规模 $E[s(\pi)]$ 永远大于零,即平均起来保险公司承保科技保险业务获得的财政补偿额不可能为负值,不会因从事科技保险业务反而上交资金给政府,否则保险公司的商业属性必然导致科技保险业务无人问津。但是,政府的平均回报 $E[w_c]$ 可能取正值,也可能取到负值,即政府主导科技保险业务平均起来盈亏可能会无法达到平衡,无法增进社会效益。不过,政府为促进国家的科技发展,即使平均收益为负还是要推行科技保险,为科技企业的发展提供风险管理工具,保驾护航,这与保险公司的商业行为是不一样的。由表1至表3可知,风险厌恶程度越大,政府平均收益 $E[w_c]$ 越低;但是,保险公司公平偏好倾向越强,政府平均收益 $E[w_c]$ 越高。

(二) 经济学分析

本小节将对非对称信息情形下风险补偿合同进行进一步分析,考察非对称信息情形下最优固定补偿额 α^* 、最优边际补偿系数 β^* 、最优努力水平 a^* 及信息价值与政府风险厌恶程度 γ_1 、保险公司风险厌恶程度 γ 及公平偏好倾向 k 的相互关系,并进行相应的经济学解释。借助 Matlab 软件作图1至图8,图中参数选择与数值算例中的假设一致。

1. 固定补偿额与公平偏好及风险厌恶程度

由图1至图2可知,非对称信息情形下的最优固定补偿额 α^* 随政府风险厌恶水平 γ_1 的增加而递增,而随保险公司风险厌恶水平 γ 的变大而快速从负值递增为正的最大值点,而后略有下降。在前述参数假设下,若 $\gamma_1 = 2, k = 1$,当 $\gamma < 0.87$ 时, $\alpha < 0$;若 $\gamma_1 = 2, k = 0$,则 $\gamma < 0.79$ 时, $\alpha < 0$ 。这说明保险公司在风险厌恶程度较小时乐意承担较大的风险,从而可以获取更大的边际激励,还可以以固定额度的形式返还部分资金 $\alpha (< 0)$ 给政府。但是,当保险公司风险厌恶程度较大时,无论政府风险厌恶程度如何,补偿合同中固定补偿总是大于零的。事实上,科技保险发展初期,市场不成熟,科技保险业务面临的不确定性较大,此时保险公司具有的风险厌恶偏好使得其更倾向于获得更多的固定补偿。而等到科技保险成熟期,科技保险风险相对较为稳定,保险公司会倾向于获得更多的边际补偿。最后,还可以看到,当风险厌恶系数取值适中,不是太小时,保险公司公平偏好倾向会显著影响固定补偿额的取值大小。保险公司公平偏好程度越大,固定补偿额的取值反而越小。当公平偏好程度 $k = 0$ 时,即保险公司无公平偏好倾向时,其固定补偿额大于有公平偏好情形下的固定补偿额,这说明保险公司公平偏好的引入降低了合同中的固定补偿额。

结论3:非对称信息情形下最优固定补偿额 α^* 随政府风险厌恶

表1 保险公司风险厌恶系数变化时最优策略表

$\gamma_1=2, k=0.2$	α	β	$E[s(\pi)]$	a	$E[w_c]$
$\gamma=0.5$	-2.992	0.756	8.294	4.976	6.633
$\gamma=2$	5.295	0.355	8.798	3.290	1.073
$\gamma=7$	6.547	-0.0606	6.266	1.546	-1.630

表2 政府风险厌恶系数变化时最优策略表

$\gamma=2, k=0.2$	α	β	$E[s(\pi)]$	a	$E[w_c]$
$\gamma_1=0.5$	3.530	0.149	4.614	2.426	2.663
$\gamma_1=2$	5.295	0.355	8.798	3.290	1.073
$\gamma_1=7$	8.661	0.643	17.339	4.500	-3.847

表3 保险公司公平偏好变化时最优策略表

$\gamma=2, \gamma_1=2$	α	β	$E[s(\pi)]$	a	$E[w_c]$
$k=0.05$	6.608	0.302	9.548	3.246	0.191
$k=0.2$	5.295	0.355	8.798	3.290	1.073
$k=1$	3.096	0.491	8.720	3.818	2.735

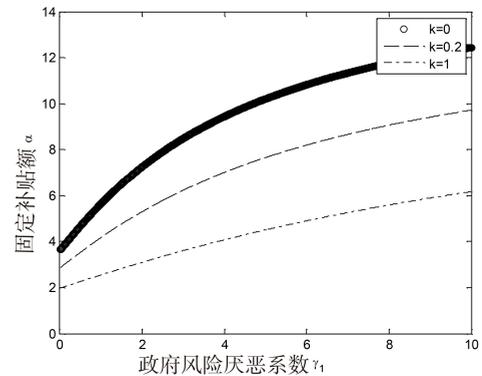


图1 固定补偿额随政府厌恶程度的变化

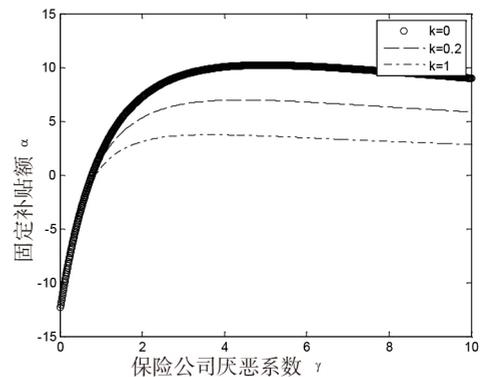


图2 固定补偿额随公司厌恶程度的变化

恶程度 γ_1 的增加而递增;公平偏好程度越大,固定补偿额反而越小。

2. 边际补偿系数与公平偏好及风险厌恶程度

由图3至图4可知,非对称信息情形下的最优边际风险补偿系数 β^* 随政府风险厌恶水平 γ_1 的增加从负值递增到正值,这意味着政府风险厌恶程度越高,越希望保险公司承担更多的风险,同时提供更高的边际激励。与之相反,最优边际风险补偿系数随保险公司风险厌恶程度的增加从正值一直递减到负值,即保险公司在风险厌恶程度很高时不愿意承担较多的风险,当然获得的边际补偿率也低。利用MATLAB软件测算的结果也可以直接获得边际风险补偿系数随保险公司公平偏好程度的增加而递增的规律,这里不再以图形单独标出。

另外,当风险厌恶系数取值适中,不大不小时,保险公司公平偏好倾向也会显著影响边际风险补偿系数取值大小。保险公司公平偏好程度越大,边际风险补偿系数也越大。当公平偏好程度 $k = 0$ 时,即保险公司无公平偏好倾向,其边际风险补偿系数大于有公平偏好情形下的边际风险补偿系数,这说明保险公司公平偏好的引入增加了合同中的边际补偿率。而且,在前述参数假设下,若保险公司风险厌恶系数 $\gamma = 2$,公平偏好程度 $k = 0$,当政府风险厌恶系数 $\gamma_1 < 0.61$ 时, β^* 取值为负数;若政府风险厌恶系数 $\gamma_1 = 2$,保险公司公平偏好程度 $k = 0.2$,当保险公司风险厌恶系数 $\gamma > 5.64$

时, β^* 同样取值为负数。这意味着政府风险厌恶系数较小时,政府乐意多承担一些风险,而保险公司具有较大的风险厌恶系数时,其愿意承担风险就少。所以,在这两种情形下,最优风险补偿合同是政府承担更多的风险,从而享有更多的收益,这种收益从保险公司固定财政补偿额中以反向边际激励的形式返还一部分给政府。

由上述分析可知,本文的边际激励系数可以小于零,然而在经典的委托代理模型中,边际激励系数通常都是大于零,这是本文有别于经典委托代理模型的一个重要属性。究其原因在于本文的委托代理模型中嵌入了保险公司必须承担的科技保险的随机盈亏。显然,本文的结论为政府相关部门制定补偿政策提供了新思路。

结论4:非对称信息情形下最优边际风险补偿系数 β^* 随政府风险厌恶水平 γ_1 增加而增加,随保险公司风险厌恶程度 γ 的增加而减少,而且公平偏好程度越大,边际补偿系数也越大。

3. 努力程度与公平偏好及风险厌恶水平

由图5至图6可知,非对称信息情形下保险公司的最优努力水平 a^* 随着政府风险厌恶程度增加而递增,而随自身风险厌恶水平的增加而递减。这也就意味着保险公司越是风险厌恶就越不乐意经营科技保险业务,越不乐意努力工作,付出的努力水平就越小,其承担的风险也相应越小。从政府角度来说,其风险厌恶程度越大则越希望代理人承担更多的风险,也就是付出更多努力,当然也能获得更多收益。

另外,由图5还可以看到,当保险公司风险厌恶系数较大时,保

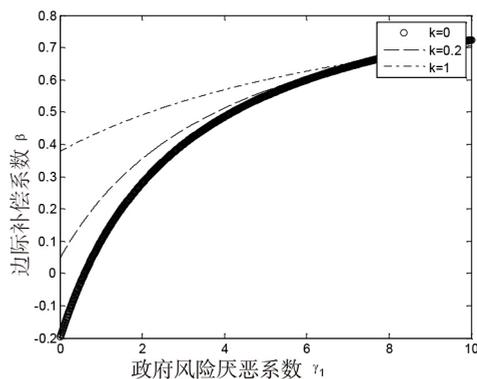


图3 边际补偿系数随政府厌恶程度的变化

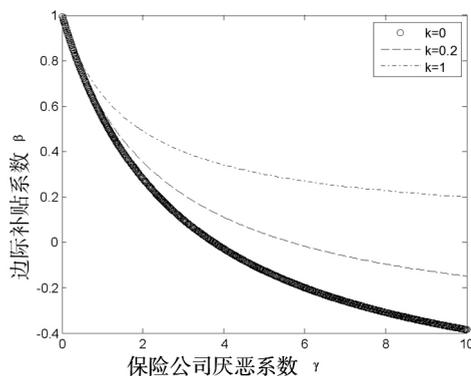


图4 边际补偿系数随公司厌恶程度的变化

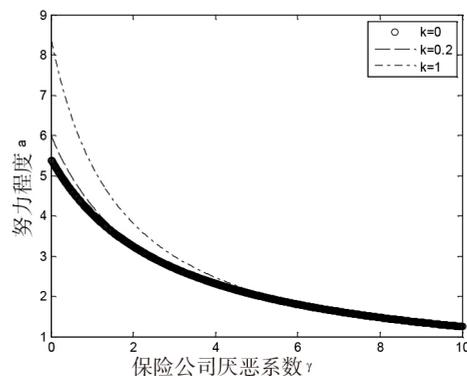


图5 努力程度随公司厌恶程度的变化

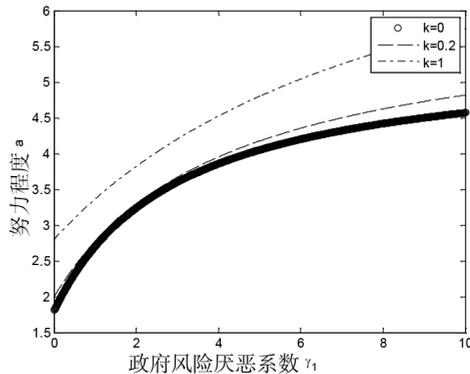


图6 努力程度随政府厌恶程度的变化

险公司公平偏好倾向对其努力水平取值影响不大;但是,当保险公司风险厌恶系数较小时,公平偏好倾向则会显著增加保险公司的努力水平。由图6同样可以看到保险公司公平偏好倾向会显著增加保险公司的努力水平。当公平偏好程度 $k=0$ 时,即保险公司无公平偏好倾向时,其最优努力水平小于有公平偏好情形下的最优努力水平,这说明保险公司公平偏好的引入增加了保险公司最优努力水平。

结论5:非对称信息情形下保险公司的最优努力程度 a^* 随着其风险厌恶程度的增加而递减,随着政府风险厌恶程度增加而递增,而且公平偏好程度越大,努力水平也越高。

4. 信息价值与公平偏好及风险厌恶水平

对称信息与非对称信息情形下委托人获得平均收益 $E[w_c]$ 的不同体现了信息对委托人的价值。因此,本文首次定义信息价值为对称信息情形下委托人的平均收益与非对称信息情形下委托人平均收益的差值 $\Delta E[w_c]$ 。信息价值的存在可以督促委托人不遗余力去获取与风险补偿合同有关的全面信息,消除信息不对称,从而可以获得比不完全信息条件下更高的收益。

由图7可知,信息价值随保险公司风险厌恶水平的增加而递增。保险公司风险厌恶水平越高,则保险公司越不乐意努力工作,越不可避免地怀有偷懒的机会主义动机。因此,对于政府而言,保险公司风险厌恶程度越高,消除消息不对称的信息价值就越大。此时,保险公司的公平偏好倾向对信息价值的作用不明显,会发生正负作用效果逆转。由图8可知,信息价值随政府风险厌恶程度的增加而递减。但是,公平偏好对信息价值的正负效果也会发生逆转。只有当政府风险厌恶倾向达到一定程度时,保险公司公平偏好倾向才会显著影响信息价值的大小。保险公司公平偏好程度越大,信息价值也越大。当公平偏好程度 $k=0$ 时,即保险公司无公平偏好倾向,其信息价值小于有公平偏好情形下的信息价值,这说明保险公司公平偏好的引入增加了合同中的信息价值。

结论6:非对称信息情形下,信息价值随政府风险厌恶水平的增加而减小,随保险公司风险厌恶水平的增加而增加。

五、结论及政策建议

本文将保险公司的公平偏好心理因素引入基于委托代理框架的科技保险风险补偿模型,假设委托人和代理人双方都是风险厌恶偏好的,通过对科技保险风险补偿合同设计进行建模研究,得到了风险补偿合同显示解。结论表明边际风险补偿系数随政府风险厌恶程度增加而递增,但是随保险公司风险厌恶程度的增加而递减。当风险厌恶系数取值适中,保险公司公平偏好引入合同显著地增加了合同中的边际补偿率。信息价值随政府风险厌恶程度的增加而递减,随保险公司风险厌恶水平的增加而递增。将科技保险业务随机资金流盈亏引入模型,使得线性合同中固定补偿与边际补偿参数的取值可正可负,拓展了经典委托代理理论中合同参数都大于零的假定。

基于本文的结论,事实上科技保险风险补偿政策的支持方式不应局限于科技保险保单赔付风险补偿和科技保险新产品应用示范后补助,还可考虑事前固定补偿。政府有关部门在制定相关政策时需要考虑科技保险市场发展的不同阶段,保险公司管理者的风险厌恶态度以及公平偏好等心理因素。在具体的补偿方案设计中,有关部门可采取动态调整财政补偿方案。在科技保险发展初期,市场不确定性较大,有关部门可采取固定补偿额为主、边际补偿为辅的策略,鼓励更多保险公司积极参与到科技保险市场中来。而在科技保险发展成熟期,有关部门可采取边际补偿为主、固定补偿为辅的策略,提高保险公司运营科技保险业务质量。在此过程中,还可以采用反向合同补偿模式,即采取负值固定补偿额,同时加大边际补偿力度的方案。

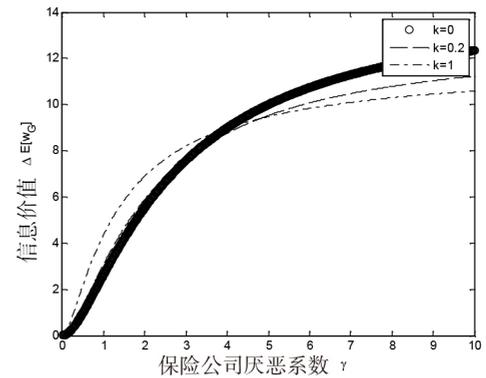


图7 信息价值随公司厌恶程度的变化

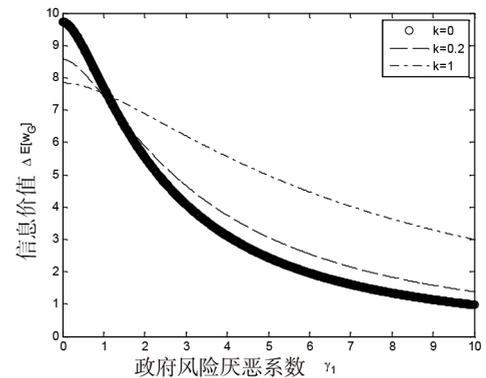


图8 信息价值随政府厌恶程度的变化

参考文献

- [1] 谢科范,倪曙光.科技风险与科技保险[J].科学管理研究,1995(2):49-52.
- [2] 陈雨露.科技风险与科技保险[J].中国科技投资,2007(1):68-70.
- [3] 邵学清,刘志春.政策性科技保险的框架设计[J].中国科技投资,2007(11):49-52.
- [4] 吕文栋,赵杨,彭彬.科技保险相关问题探析[J].保险研究,2008(2):36-40.
- [5] 胡慧源,王京安.政策性科技保险存在的经济学分析[J].科技进步与对策,2010(7):101-104.
- [6] 谢科范,赵焜,刘骅,等.科技保险实施中三方不完全信息动态博弈分析[J].武汉理工大学学报,2009(5):6-9.
- [7] 薛伟贤,刘倩,刘骏.科技保险对科技企业创新盈利能力影响研究[J].科技进步与对策,2013(24):95-99.
- [8] 吕文栋,赵杨.财政干预、产品创新与高新技术企业科技保险参保意愿[J].中国科技论坛,2016(5):123-129.
- [9] 黄英君,赵雄,蔡永清.我国政策性科技保险的最优补偿规模研究[J].保险研究,2012(9):64-75.
- [10] 蔡永清.政策性科技保险发展及财政补贴问题研究[D].重庆:重庆大学,2011.
- [11] 周传喜,曹畅.政府对科技保险的最优财政补偿规模研究[J].经济数学,2015(4):87-92.
- [12] 罗琰.基于双边风险厌恶的科技保险风险补偿研究[J].软科学,2018(8):28-33.
- [13] Holmstrom B, Milgrom P. Aggregation and linearity in the provision of intertemporal incentives [J]. Econometrica, 1987, 55 (2):303-28.
- [14] Sannikov Y. A continuous-time version of the principal-agent problem [J]. Review of Economic Studies. 2008, 75(3):957-984.
- [15] He Z. A model of dynamic compensation and capital structure [J]. Journal of Financial Economics. 2011, 100(2):351-66.
- [16] 罗琰,刘晓星.基于双边风险厌恶及存在监督的委托-代理模型研究[J].经济数学,2013(3):107-110.
- [17] 甘柳,杨招军,罗鹏飞.基于跳风险的动态代理与托宾Q理论[J].系统工程理论与实践,2017(8):2033-2042.
- [18] 黄健柏,杨涛,伍如昕.非对称过度自信条件下委托代理模型[J].系统工程理论与实践,2009(4):92-102.
- [19] 罗琰,刘晓星.基于双边过度自信及风险厌恶的委托-代理模型研究[J].数学的实践与认识,2016(5):45-51.
- [20] Rabin M. Incorporating fairness into game theory and economics [J]. The American Economics Review, 1993, 83 (5):1291-1302.
- [21] 蒲勇健.植入“公平博弈”的委托-代理模型——来自行为经济学的一个贡献[J].当代财经,2007(3):5-11.
- [22] 黄健柏,徐珊,刘笃池.公平偏好下纳入股权激励的双重委托代理模型研究[J].软科学,2013(5):124-129.
- [23] 张维迎.博弈论与信息经济学[M].上海:上海人民出版社,1996.

[责任编辑:刘 茜]

Research of Risk Compensation of Science and Technology Insurance Based on Fairness Preference

LUO Yan¹ YING Junming²

(1 School of Finance, 2. School of accounting, Nanjing University of Audit, Nanjing 211815, China)

Abstract: Breaking the convention of the "self-interest" hypothesis, we introduce the fairness preference of agent into the contract of risk compensation of science and technology insurance, and study the effect of fairness preference and risk aversion to the contract under the principle-agent framework. The results show that the marginal incentive coefficients increase with the level of fairness preference and the degree of government risk aversion increases, but decreases with the increase of degree of the insurance company risk aversion. When the degree of the risk aversion is moderate, fairness preference will remarkably add marginal compensation rate.

Keywords: fairness preference; risk aversion; science and technology insurance; risk compensation; principal-agent