基础设施项目保险期权定价方法探讨

周 君

（中央财经大学管理科学与工程学院 北京 100081）

【摘要】本文将基础设施项目的风险转移方式项目保险与保险期权结合在一起，借助期权对项目保险的风险进行有效控制，进一步分析了期权的风险规避原理，并对基础设施项目保险中的期权定价方法进行了探讨。

【关键词】风险管理 保险期权 定价方法

一、基础设施项目保险与期权原理

项目保险发端于20世纪30年代的英国，第二次世界大战后欧洲进行了大规模的恢复生产、重建家园的活动，使项目保险业务得以快速发展。发达国家的项目保险通常有以下险种：建筑工程一切险、安装工程一切险、第三者责任险、雇主责任险、人身意外伤害险、工程主体十年责任险、工程设备两年责任险以及带担保性质的信用保险和保证保险。保险费率是根据工程风险程度、承包商声誉和质量检测深度等指标综合测定的，一般为工程造价的1.5%～4%。保险公司为了不承担或少承担维修费用，将在施工阶段积极监督承包商进行全面质量控制，以保证工程质量不出问题。承包商则为了维护自身的声誉和少付保险费，也要加强质量管理，努力提高工程质量。

保险期权作为保险创新的产品，具有保险和期权的双重特点，将期权的优良特征移植入保险，使其避险的同时又可能获得丰厚的回报。假设有一家保险公司在美国的纽约承担财产保险。X代表该公司在期间(t，T)遭受的所有损失。损失限额再保险合同中规定了a和b两个值以界定再保险人对原保险人的赔付。如果总损失低于a，则不必赔偿；如果总损失在a和b之间，则再保险人赔付(x-a)；如果总损失超过b，再保险人赔付(b-a)。为简明起见，再保险人付款金额用f(x)表示，函数可以用以下的公式表示：

$$f(x)=\begin{cases}0 & (x<a)\\ x-a & (a\leqslant x\leqslant b)\\ b-a & (x>b)\end{cases}$$

根据上式，有三种盈亏情况：①当$x<a$，$f(x)=0$，即结算指数低于较低的协定指数时，买进的期权和卖出的期权均被放弃，则保险公司既无利润，也无亏损。②当$x>b$，$f(x)=b-a$，即结算指数高于较高的协定指数时，保险公司因执行买进的期权而获利(x-a)，而卖出的期权也同样被执行，带来损失(x-b)，则保险公司总盈亏为：$(x-a)-(x-b)=b-a$。③当$a\leqslant x\leqslant b$，$f(x)=x-a$，在这种情况下，只有买进的期权被执行，保险公司才能获利(x-a)。

二、基础设施项目保险期权定价

1. 保险期权定价的一般原理。对保险期权定价理论的探讨，实际上是对金融创新、金融期权理论的延伸和发展，并且是研究金融深化、金融混业经营、金融创新的一个新的工具，成为包括对保险市场和资本市场对接进行研究的系统的、指导性的、基础性的理论依据。影响保险期权定价的因素包括免赔额、保费、赔付金额、无风险市场利率、赔付期限等。保险期权是通过构造出一个期权价差(即两个买入期权的组合)的方式进行风险规避。这样，就相当于保险公司用买入价差替代了一定范围的损失限额再保险。只要买入期权合同价格比传统再保险合同更有吸引力，保险公司就可以购买保险期权，作为对传统再保险的替代品或补充。

如果其他因素已知，保险产品的价值取决于利率，此时保险产品可以看成是一个利率衍生证券，可以利用Black-Scholes定价方法确定其价值。只要存在风险中性下利率变动的规律，就可以确定保险产品的价值。利率随着时间的推移呈现出向某个长期平均水平收敛的趋势，这种现象称为均值回复。当利率水平较高时，均值回复一般表现为利率具有负的漂移率；相反，具有正的漂移率。这种现象也得到了经济学理论的支持。假设保险期权标的物——保单在t时刻的价值，即投保人在t时刻的资产现值为S(t)，保单的执行价格即保险合同规定的赔偿价格为X，期权的到期日为T。显然：$t<T$，则期权持有期为$T'=T-t$。在整个时间范围内无风险利率为已知常数r，漂移率已知。在这样的简单化的假设下，不违约保单的买入期权的价值就可以利用基于指数的保险期权定价理论来计算。

基于指数的保险期权是指保险期权的标的资产不是具体的某种资产，而是某一类损失指数，称其为标的指数。其中最主要的损失指数期权就是巨灾指数保险期权，简称巨灾期权。巨灾期权是以巨灾损失指数为基础而设计的期权合同。场外交易可以比较容易地根据保险公司所要转移的风险情况，安排适合公司承保风险状况的期权合同，但交易方违约的风险较大。场内交易必须符合期货交易所规定的各种标准交易条件，期权合同含有的风险通常是整个保险业的某项巨灾风险，不一定适合单个保险公司分散风险的个性需求。

2. 保险期权价格的影响因素与一般定价模型。期权的价格是期权的“内在价值”和内在价值的升水，通常称之为时间

价值或时间溢价。期权的内在价值是指期权购买者通过执行期权而获得的收益，它是衡量期权的实值状态的尺度，计算公式为：内在价值=相关工具价格-执行价格，它反映了期权合约的协定价格与相关标的资产的市场价格之间的关系。按照期权是否具有内在价值，即期权的协定价格与其相关的标的资产的市场价格之间的关系，可以分为三种状态：实值（指期权的内在价值为正，即期权多方会执行期权）、虚值（指期权的内在价值为负，即期权多方会放弃执行期权）、平价（指期权合约敲定的协定价格等于标的资产的市场价格，期权的内在价值为零）。期权的时间价值是指期权购买者希望随时间的推移，相关标的资产价格变动有可能使期权的内在价值增值而愿意支付的高于内在价值部分的期权费。对于一个买入期权，时间价值=期权费-内在价值。一般来说，期权的有效日越长，其时间价值也越大，因为买方获利的机会越大，而卖方被要求履行合约的风险就越大，因而期权费就越高。

影响期权价格的因素有六个：①基础资产的现价；②执行价格；③期权距到期日的时间；④在期权有效期内基础资产预期的价格波动率；⑤在期权有效期内的短期无风险利率；⑥在期权有效期内基础资产预期的现金支付。

在20世纪70年代初，Fischer Black和Myron Scholes推导出基于无红利支付股票的任何衍生证券的价格必须满足的微分方程，即Black-Scholes微分方程，他们运用该方程推导出股票的欧式看涨期权和看跌期权的价值。并在一定的假设条件基础上建立了一种无风险证券组合，即买入一个股票头寸和一个以该种股票为标的物的欧式期权Black-Scholes模型，在任意一个短时期内两者高度相关，则股票头寸的盈利（或损失）总是会与期权的损失（或盈利）相抵消，因而在短时期末证券组合的总价值也就确定了。Black-Scholes期权定价模型的突破性的贡献的核心是它不依赖的那些变量数。期权价格不依赖于普通股票的期望回报、投资者的风险偏好或资产的总供给。它却依赖于力量率和普通股收益的总方差，是一个稳定值，因此，从时间序列的数据中作出精确的估计是可能的。Black-Scholes模型是迄今为止被认为最精确有效的期权定价模型，但该模型只适合于不支付红利的欧式期权的情况。因此在实际运用中需对模型加以必要的调整，扩展到基于支出连续红利收益的股票的欧式期权、股票指数期权、货币期权和期货期权等的问题。

3. 基于小概率事件的保险期权定价分析。小概率事件是指保险领域中具有发生概率小但后果非常严重的灾难性事件。属于较不寻常的跳跃，其对保险人所造成的风险远超过小额CAT损失（约在2 500万美元至1亿美元之间）造成的风险。在许多技术和模型中对小概率事件没有给予足够的重视，在分析资产波动时往往以正态分布为分析前提，不能准确地反映现实的真实情况，理论中假设的小概率事件在现实中发生的概率并非那么小。极端事件的概率往往偏大，具有统计上所谓的“肥尾”现象，根据Litzenberger等于1996的分析，尤其是右尾的极值，其发生的几率会比对数常态分配的假设高得多。小概率事件的特点为：①其发生频率极低且几乎完全无法预测。②其所造成的巨大损失带来极大的风险，同时也带来市场机会。③低频率所造成的高变异，使得其历史资料参考价值降低。此外，由于建筑环境、技术、商业结构、资产评估以及人口分布等改变，历史资料无法完全适用于现代社会。此时，保单的价格并非连续变动，当一些重大的灾害发生时会使保单价格发生大幅度的变动，而呈现间断的“跳空”过程，属于一种新型的两值期权——资产看涨期权，即在到期日保单的价格低于执行价格时收入为零，保单价格超过执行价格时收益为保单价格本身的款额。假设市场上存在两种可连续交易的证券，其中一种为无风险证券，其价格过程$S^0(t)$满足微分方程：

$dS^0=rS^0dt, S^0(0)=1$

其中r为瞬时无风险利率，为常数；另一种为风险证券，其价格过程S(t)满足随机微分方程：

$dS=(\mu-\lambda k)Sdt+\sigma Sdz+XSdq$

其中μ为保单的期望收益率，为常数；σ^2为无跳跃发生时保单收益率的方差，为常数；z为标准Brown运动；q是与B独立的参数为λ的Possion过程；X是保单价格跳跃大小的百分数，为一随机变量，其无条件期为k。假设C(S，T)为执行价格A，到期日的欧式资产看涨期权在时刻t的价值，其终期收益为：

$$C(S,T)=\begin{cases}Q & ST>A\\ 0 & ST\leqslant A\end{cases} \quad (1)$$

其中C关于t一阶可导、关于S二阶可导连续，Q是确定的正数。设由跳跃产生的风险为非系统风险，根据微分公式，则有：

$$0.5\sigma^2S^2H_{ss}+(r-\lambda k)SH_S+H_t-rH+E(H(S(1+X),t)-C(S,t) \quad (2)$$

满足边值条件(2)的解。其中H(S，t)的下标是偏微分算子，E是关于(1+X)期望算子。

记：$Pn(t)=e^{-\lambda\tau(-\lambda\tau)^n}, Un=Q\Pi(1+X_i)e^{-\lambda k\tau}$

$\Phi(d1)=\Phi(Q\Pi(1+X_i)e^{-\lambda k\tau},t)=\Phi(Un,t)$

则：$SC_s=\sum Pn(t)QE_n(U_n\Phi_1)$

$S^2C_{ss}=\sum Pn(t)QE_n(U_n{}^2\Phi_{11})$

其中m=n-1，可以推导出：$0.5\sigma^2S^2C_{ss}+(r-\lambda k)SC_S+C_t-rC=-\lambda E(C(S(1+X),t)-C(S,t)$。

故有C(S，T)满足方程(1)，再由Φ(*)的定义知：

$$\lim_{\to}\sum Pn(t)QE_n(\Phi)\leqslant\lim_{t\to T}\sum Pn(t)Q=\lim_{t\to T}Qe^{-\lambda\tau}(e^{-\lambda\tau},-1)=0$$

故得到：$C(S,T)=\lim_{t\to T}P_0(t)QE_0(\Phi)=Q\Phi(S,T)$。

因此，C(S，T)在t时刻为$\sum_{(n=0\to\infty)}e^{-\lambda k\tau(-\lambda k\tau)^n}/n!\ QE_N\Phi(d_1)$。

其中：$d_1=[\log(S\Pi_{(l=1\to\infty)}(1+X_i)/A)+(r-\lambda k+\sigma^2/2)\tau]/(\sigma\sqrt{\tau})$。

本文提出将期权的工具特性移植于基础设施项目保险，着重介绍了保险期权定价的一般原理和方法，提出极小概率的期权定价方式，有利于进一步探讨基础设施保险期权，并为我国项目保险证券化提供决策依据。

主要参考文献

1. 姜青舫，陈方正，风险度量原理.上海：同济大学出版社，2000

2. 戚安邦.项目论证与评估.北京：机械工业出版社，2004