

信用攸关的利率互换的定价

梁 进, 徐 寅, 郭高月

(同济大学 数学系, 上海 200092)

摘要: 在约化方法的框架下, 针对实务界出现的一种新型信用衍生产品——信用攸关的利率互换 (credit contingent interest rate swap, CCIRS), 以偏微分方程 (partial differential equation, PDE) 为方法, 利用对冲原理建立了定价模型. 之后分别利用显式和隐式差分对模型进行数值计算, 得到了单名 CCIRS 的定价计算结果, 并对定价函数的性质及其对参数的依赖关系进行了讨论.

关键词: 信用攸关的利率互换; 约化方法; Cox-Ingersoll-Ross 模型; 偏微分方程数值解

中图分类号: F 830.91

文献标识码: A

Pricing for Credit Contingent Interest Rate Swap

LIANG Jin, XU Yin, GUO Gaoyue

(Department of Mathematics, Tongji University, Shanghai 200092, China)

Abstract: A mathematical model was established for pricing the new credit derivative-credit contingent interest rate swap (CCIRS), and the PDE was obtained by the hedging method under the framework of reduced form. Both explicit and implicit difference methods under the upwind scheme were used to compute the price. Finally, parameters were analyzed and properties of the product were discussed.

Key words: credit contingent interest rate swap; reduced framework; Cox-Ingersoll-Ross model; numerical solution of parital differential equation

2007 年以来, 随着国际金融危机的不断加深, 人们对场外市场中衍生产品的信用风险日益关注, 交易对手风险自然成为了学界和实务界研究的焦点. 与在交易所交易的衍生产品不同, 场外利率互换合约的设定更为灵活, 但由于缺乏保证金、抵押品、盯

市等机制, 其对利率的波动和交易对手信用等级的变化十分敏感, 违约风险很高. 针对利率互换的交易对手风险, Duffie 和 Huang^[1] 在约化方法的框架下讨论了相应的信用利差, 而 Li^[2] 则利用偏微分方程的方法讨论了利率互换的违约风险, 并利用数值手段得到了相关结果.

在市场对规避利率互换 (IRS) 交易对手风险的需求之下, 作为场外市场交易量最大的品种——利率互换的信用保护也引起人们越来越多的兴趣, 信用攸关的利率互换 (credit contingent interest rate swap, CCIRS) 应运而生. 该产品将 IRS 中的信用风险直接分离出来并进行交易和转移, 因此成为了市场中规避交易对手信用风险的一种重要的创新信用衍生工具, 其交易量也越来越大.

作为一款新型信用产品, CCIRS 实际上是一种将一笔 (单名) 或多笔 (组合) 利率互换的交易对手风险由信用保护买方转移到卖方的金融合约. 在合约期限内, 信用保护买方在初始时刻向保护卖方支付一笔事先约定好的保费; 信用保护卖方在接受保费的同时, 一旦在合约存续期发生所约定的信用事件, 则须向买方立即支付由违约事件所带来的所有损失. 其现金流如图 1 所示.

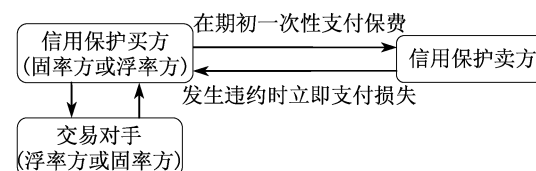


图 1 信用攸关的利率互换结构

Fig. 1 Structure of credit contingent interest rate swap

从对 CCIRS 描述中不难发现, 它与传统的 CDS (credit default swaps) 信用违约互换^[3] 有着非常类似的结构与特点, 在本质上都是一份保险合约, 一方

收稿日期: 2009-10-23

基金项目: 国家“九七三”重点基础研究发展计划 (2007CB814903)

第一作者: 梁 进 (1958—), 女, 教授, 博士生导师, 理学博士, 主要研究方向为金融数学及信用风险管理.

E-mail: liang_jin@tongji.edu.cn

支付保费,一方进行或有赔付;但它们之间也有重要的不同之处,那就是 CDS 所参考的标的资产往往是债券,担保的是债券的违约,而 CCIRS 的标的是利率互换,担保的是交易对手的违约.一般来说,债券的违约虽然也受到利率的影响,但其更主要的因素为发债公司自身的经营财务状况,因而在 CDS 的定价过程中往往不考虑随机利率的影响;但对于利率互换而言,利率的波动和随机性对于交易方违约与否有重大影响,因而假设利率为常数的 CDS 定价模型就不再适用了,有必要对原有的方法进行改进.所以此问题的困难之处在于其本质上就是一个多维的问题.而对 CCIRS 研究的有关论文和模型,由于其场外交易的性质,大多局限在投资银行等金融机构内部,且相关数据一般不公开,很难获取.笔者目前还未找到公开发表的对 CCIRS 定价进行探讨的文献.笔者首次接触该问题是在 2008 年 10 月于山东威海举行的中国-加拿大数理金融研讨会上,由加拿大皇家银行提出的^[4].关于该产品定价问题,除了 Monto Carlo 模拟,目前还没有更好的定价.

在威海会议相关讨论的基础上,笔者针对 CCIRS 这一信用衍生品,以偏微分方程(PDE)为方法,在约化法的框架下,建立了单名 CCIRS 的定价的模型,并对该模型进行了数值计算,对定价函数的性质及其与相关参数的依赖关系进行了分析. CCIRS 的保护方可以是利率互换的固率方也可以是浮率方.在建模计算中,定价方法是相似的.这里只考虑一种情形,即担保固率方的 CCIRS 的情形,另一种情形可类似推出.

1 CCIRS 定价的 PDE 模型

关于信用风险的建模方法,在学术界主要有两大流派——结构化方法与约化方法.结构化方法以期权定价理论为基础,公司资产为基础变量,当其低于某一水平时即判断发生违约;而约化方法则将违约视为一个完全外生、不可预料的突发事件,约化方法并不考虑违约的原因,而是将信用事件与公司价值分离开来,把违约概率当作外生变量,直接通过违约发生的“强度”来刻画,违约时刻就是泊松过程发生第 1 次跳的时刻,详细的研究参见文献[5-6].笔者是在约化方法的框架下对利率互换交易对手的违约时间进行描述的.

1.1 模型假设

首先对问题给出基本假设.

(1) 信用保护买方即为利率互换的固定利率支付方,不考虑其违约风险;采用约化方法刻画交易对手的违约风险:违约时间是泊松过程发生第 1 次跳的时间,跳的强度满足一个随机过程 λ_t .

(2) 利率互换的面值为 1;保费在初始时刻由信用保护买方向卖方一次性付清.

(3) 整个 CCIRS 存续期内只有浮动利率支付方可能发生违约,一旦违约发生,合约立即终止,同时信用保护卖方向买方支付损失为 $(1 - R) \cdot \max(F(t), 0) = (1 - R)F^+(t)$,其中, R 为违约的回收率, $F(t)$ 为在违约时刻对于信用保护买方而言该利率互换的价值,由利率互换的基本理论^[7]知 $F(t) = 1 - P_1(r, t; T) - K \sum_{t_i > t} P_1(r, t; t_i)$,其中, $P_1(r, t; T)$ 为一定利率模型下的无风险零息票债券价格, r 为无风险利率, t 为当前时间, T 为利率互换到期日, K 为利率互换中一方支付的固定利率值, t_i 为利率互换中的付息时间点.

(4) 无风险短期利率 r_t 和交易对手违约强度 λ_t 是 2 个相关的非负的随机过程,假定它们都服从 Cox-Ingersoll-Ross 模型: $dr_t = \kappa_1(\theta_1 - r_t)dt + \sigma_1 \sqrt{r_t}dw_{1t}$, $d\lambda_t = \kappa_2(\theta_2 - \lambda_t)dt + \sigma_2 \sqrt{\lambda_t}dw_{2t}$, 式中: κ_1, κ_2 分别为利率与违约强度回归长期均值的速度; θ_1, θ_2 分别为利率和违约强度的长期均值; σ_1, σ_2 分别为利率和违约强度的波动率;其中, $\kappa_i, \theta_i, \sigma_i$ 都是正常数, $2\kappa_i\theta_i > \sigma_i^2, i = 1, 2$, 此条件保证 r_t 和 λ_t 均取正值; w_{1t}, w_{2t} 是 2 个相关的标准布朗运动, $\text{cov}(dw_{1t}, dw_{2t}) = \rho dt, 0 < \rho < 1$. ρ 为短期利率与违约强度的相关系数.

(5) 市场是无摩擦和无套利的.

1.2 模型推导

记 $V(r, \lambda, t) = V_t$, 表示一份 CCIRS 在 t 时刻的价值,很显然它受到利率风险和违约风险的共同影响.记 $P_1(r, t; T) = P_{1t}, P_2(r, \lambda, t; T) = P_{2t}$, 分别表示一张无违约风险的零息票债券和可违约、零回收率的零息票债券的价值.在假设(4)下, $P_1(r, t; T)$ 有解析表达式^[8-9],而 $P_2(r, \lambda, t; T)$ 的解析表达式目前还未知.它们分别满足方程^[9]

$$\begin{cases} \frac{\partial P_1}{\partial t} + \kappa_1(\theta_1 - r) \frac{\partial P_1}{\partial r} + \frac{\sigma_1^2 r}{2} \frac{\partial^2 P_1}{\partial r^2} = rP_1 \\ \frac{\partial P_2}{\partial t} + \kappa_1(\theta_1 - r) \frac{\partial P_2}{\partial r} + \kappa_2(\theta_2 - \lambda) \frac{\partial P_2}{\partial \lambda} + \frac{\sigma_1^2 r}{2} \frac{\partial^2 P_2}{\partial r^2} + \frac{\sigma_2^2 \lambda}{2} \frac{\partial^2 P_2}{\partial \lambda^2} + \rho \sigma_1 \sigma_2 \sqrt{r\lambda} \frac{\partial^2 P_2}{\partial r \partial \lambda} = (r + \lambda)P_2 \end{cases} \quad (1)$$

式中: $P_1 = P_1(r, t; T)$, $P_2 = P_2(r, \lambda, t; T)$, λ 为违约强度.

接着推导 $V(r, \lambda, t)$ 所适合的 PDE 定解问题. 构造投资组合 Π_t , $\Pi_t = V_t - \Delta_1 P_{1t} - \Delta_2 P_{2t}$, 其中 Δ_1, Δ_2 分别是投资组合中无风险零息票债券和可违约零息票债券的数量. 经典的对冲方法^[9]通过调整 Δ_1, Δ_2 的取值使 Π_t 成为一个无风险组合. 但现在 Π_t 价值的变化与是否发生违约有关, 从而 $d\Pi_t$ 并不确定, 有违约发生和不发生 2 种可能; 又因为市场无套利, 故在相应的风险中性测度下, 投资组合 Π_t 的期望收益率 $E[d\Pi_t]$ 是无风险利率^[10], 即

$$E[d\Pi_t] = r_t \Pi_t dt \quad (2)$$

分 2 种情况进行讨论. ①情形 1: 在 $[t, t + dt]$ 时间段内若发生违约, 其可能性为 λdt , 而 CCIRS 的价值 V_t 和可违约债券的价值 P_{2t} 分别变成互换价值可回收的部分和零, 即 $d\Pi_t = [(1 - R)F^+(t) - V_t] - \Delta_1 dP_{1t} - \Delta_2(0 - P_{2t})$. ②情形 2: 若在 $[t, t + dt]$ 内违约不发生, 其可能性为 $1 - \lambda dt$, 则 $d\Pi_t = dV_t - \Delta_1 dP_{1t} - \Delta_2 dP_{2t}$. 综合 2 种情形, 式(2)变成

$$\lambda dt [(1 - R)F^+(t) - V_t] - \Delta_1 dP_{1t} - \Delta_2(0 - P_{2t}) + (1 - \lambda dt)(dV_t - \Delta_1 dP_{1t} - \Delta_2 dP_{2t}) = r_t (V_t - \Delta_1 P_{1t} - \Delta_2 P_{2t}) dt \quad (3)$$

由 Itô 公式和式(1)计算 dV_t, dP_{1t}, dP_{2t} , 得 $dV_t = \left[\frac{\partial V}{\partial t} + \kappa_1(\theta_1 - r) \frac{\partial V}{\partial r} + \kappa_2(\theta_2 - \lambda) \frac{\partial V}{\partial \lambda} + \frac{1}{2} \sigma_1^2 r \cdot \frac{\partial^2 V}{\partial r^2} + \frac{1}{2} \sigma_2^2 \lambda \frac{\partial^2 V}{\partial \lambda^2} + \rho_{\sigma_1 \sigma_2} \sqrt{r\lambda} \frac{\partial^2 V}{\partial r \partial \lambda} \right] dt + \sigma_1 \sqrt{r} \cdot \frac{\partial V}{\partial r} dw_{1t} + \sigma_2 \sqrt{\lambda} \frac{\partial V}{\partial \lambda} dw_{2t}$, $dP_{1t} = rP_{1t} dt + \sigma_1 \sqrt{r} \cdot \frac{\partial P_1}{\partial r} dw_{1t}$, $dP_{2t} = (r + \lambda)P_{2t} dt + \sigma_1 \sqrt{r} \frac{\partial P_2}{\partial r} dw_{1t} + \sigma_2 \sqrt{\lambda} \frac{\partial P_2}{\partial \lambda} dw_{2t}$. 将上述计算结果代入到式(3)中, 取

定 $\Delta_2 = \frac{\partial V}{\partial \lambda} / \frac{\partial P_2}{\partial \lambda}$, $\Delta_1 = \left(\frac{\partial P_1}{\partial r} \right)^{-1} \left(\frac{\partial V}{\partial r} - \Delta_2 \frac{\partial P_2}{\partial r} \right)$,

$$\begin{aligned} & \frac{V_{i,j,k} - V_{i,j,k+1}}{\Delta t} + \frac{\kappa_1(\theta_1 - r_i)}{2} \left[\frac{V_{i+1,j,k} - V_{i-1,j,k}}{2\Delta r} + \frac{V_{i+1,j,k+1} - V_{i-1,j,k+1}}{2\Delta r} \right] + \frac{\kappa_2(\theta_2 - \lambda_j)}{2} \cdot \\ & \left[\frac{V_{i,j+1,k} - V_{i,j-1,k}}{2\Delta \lambda} + \frac{V_{i,j+1,k+1} - V_{i,j-1,k+1}}{2\Delta \lambda} \right] + \frac{\sigma_1^2 r_i}{4} \left[\frac{V_{i+1,j,k} + V_{i-1,j,k} - 2V_{i,j,k}}{\Delta r^2} + \right. \\ & \left. \frac{V_{i+1,j,k+1} + V_{i-1,j,k+1} - 2V_{i,j,k+1}}{\Delta r^2} \right] + \frac{\sigma_2^2 \lambda_j}{4} \left[\frac{V_{i,j+1,k} + V_{i,j-1,k} - 2V_{i,j,k}}{\Delta \lambda^2} + \right. \\ & \left. \frac{V_{i,j+1,k+1} + V_{i,j-1,k+1} - 2V_{i,j,k+1}}{\Delta \lambda^2} \right] + \frac{\rho_{\sigma_1 \sigma_2}}{2} \sqrt{r_i \lambda_j} \left[\frac{V_{i+1,j+1,k} + V_{i-1,j-1,k} - V_{i+1,j-1,k} - V_{i-1,j+1,k}}{4\Delta r \Delta \lambda} + \right. \end{aligned}$$

同时忽略 dt 的高阶无穷小, 就可得到微分方程表达式. 再考虑到在到期日 T 时刻, CCIRS 的标的资产利率互换的价值为零, 那么最终得到 V 所满足的偏微分方程的终值问题为

$$\begin{cases} \frac{\partial V}{\partial t} + LV - (r + \lambda)V + \lambda(1 - R)F^+ = 0 \\ 0 < r, \lambda < \infty, 0 \leq t \leq T \\ V(r, \lambda, T) = 0 \end{cases} \quad (4)$$

式中, $L = \kappa_1(\theta_1 - r) \frac{\partial}{\partial r} + \kappa_2(\theta_2 - \lambda) \frac{\partial}{\partial \lambda} + \frac{1}{2} \sigma_1^2 r \cdot \frac{\partial^2}{\partial r^2} + \frac{1}{2} \sigma_2^2 \lambda \frac{\partial^2}{\partial \lambda^2} + \rho_{\sigma_1 \sigma_2} \sqrt{r\lambda} \frac{\partial^2}{\partial r \partial \lambda}$, 是一个二元偏微分算子. 这就是单名 CCIRS 的 PDE 定价模型. 这是一个二维双重强退化的抛物型方程的终值问题. 目前为止, 尚没有显式解.

2 模型计算与结果分析

式(4)很难得到解析解, 利用差分方法对它进行数值求解, 为了克服方程的退化性采用了相应特征线的迎风格式进行计算^[11].

2.1 2 种格式选择的定性分析

分别采用显式格式和隐式格式进行编程计算, 发现显式格式有 3 个缺陷: 首先, 对 2 个空间变量即利率和违约强度的步长有很严格的要求, 不能取得太小, 于是计算精度受到限制; 其次, 受到 Courant-Friedrichs-Lewy 稳定性条件的限制, 各个量的范围有限, 超出后计算结果不稳定; 再次, 显式运算时间很长, 效率低, 实验发现其运算速度大约是隐式方法的 5 倍. 所以这里选择隐式差分格式中的 Crank-Nicolson 格式配合迎风格式的计算方法所得到的结果.

2.1.1 Crank-Nicolson 格式的处理

通过离散偏微分方程定解问题中的式(4), 得到

$$\frac{V_{i+1,j+1,k+1} + V_{i-1,j-1,k+1} - V_{i+1,j-1,k+1} - V_{i-1,j+1,k+1}}{4\Delta r\Delta\lambda} - \frac{r_i + \lambda_j}{2}[V_{i,j,k} + V_{i,j,k+1}] + \lambda_j(1-R)F^+(r_i, t_k) = 0.$$

式中, $V_{i,j,k} = V(r_i, \lambda_j, t_k)$, $t_k = T - k\Delta t$, $r_i = i\Delta r$, $\lambda_j = j\Delta\lambda$, $\Delta r = X/n$, $\Delta\lambda = X/n$, $\Delta t = T/m$, X 为在求解中空间变量所取的最大值. 终值条件可离散为: $V_{i,j,0} = 0, i, j = 1, 2, \dots, n$.

2.1.2 退化边界的处理

对于退化边界 $\lambda = 0$, 考虑到在违约强度为零的情况下, 该合约已经失去了保险的用途, 故其价值也就必然为零, 故有 $V_{i,0,k+1} = 0, 0 \leq i \leq n$.

对于退化边界 $r = 0$, 首先把这个条件代入原方程, 得到 $\partial V / \partial t + 0.5\sigma_2^2 \lambda \partial^2 V / \partial \lambda^2 + \kappa_1 \theta_1 \partial V / \partial r + \kappa_2 (\theta_2 - \lambda) \partial V / \partial \lambda - \lambda V + \lambda(1-R)F^+ = 0$. 接着对得到的方程进行显式差分, 对空间变量的一阶偏微分采用迎风格式得到 $V_{0,j,k+1} = V_{0,j,k} + \Delta t [0.5\sigma_2^2 \cdot (j\Delta\lambda) [(V_{0,j+1,k} - 2V_{0,j,k} + V_{0,j-1,k}) / (\Delta\lambda)^2] + \kappa_1 \cdot \theta_1 (V_{1,j,k} - V_{0,j,k}) / \Delta r + \kappa_2 (\theta_2 - j\Delta\lambda) (V_{0,j+1,k} - V_{0,j,k}) / \Delta\lambda - (j\Delta\lambda) V_{0,j,k} + (j\Delta\lambda)(1-R)F_{0,k+1}^+]$. 这样通过上述计算格式就可以得到: $V_{0,j,k+1}, 0 \leq j \leq n$.

2.1.3 非退化边界的处理

对于无穷远处的 2 条非退化边界, 如数值计算的常规处理, 人为地加上一个边界条件. 其实际意义为, 当 λ 充分大时, 对手必然违约, 即此时合约的价值也就是保险公司的赔付 $(1-R)F^+$; 而当 r 充分大时, 交易对手不堪巨额的利率支付最终必然也会违约, 因此合约价值也应该与保险公司的赔付 $(1-R)F^+$ 相等. 由此, 得到了在利率 r 和违约强度 λ 充分大时离散化后的边界条件 $V_{n,j,k+1} = (1-R)F^+(r_n, t_{k+1})$, $V_{i,n,k+1} = (1-R)F^+(r_i, t_{k+1}), 0 \leq i, j \leq n$. 这样就有 $(n+1)^2$ 个方程和 $(n+1)^2$ 个变量, 对 $k+1$ 层变量的求解事实上就是矩阵求逆的过程, 而由偏微分数值方法理论知, 得到的系数矩阵是一个严格对角占优的矩阵, 因此一定可逆, 这就保证了算法的可行性.

2.2 CCIRS 价格函数的计算结果

通过 MATLAB 编程, 取初始参数 $\kappa_1 = 0.2, \kappa_2 = 0.4, \theta_1 = 0.04, \theta_2 = 0.05, \sigma_1 = \sigma_2 = 0.1, \rho = 0.6, X = 0.2, T = 1, \Delta r = \Delta\lambda = 0.01, \Delta t = 0.01, R = 0.4, K = 0.03$. 计算结果如图 2. 由图可见所得初始时刻 CCIRS 的价值相对于 1 元的本金来说数量级约在 10^{-3} 到 10^{-4} 左右, 即相当于 1~10 个基点的量级.

进一步不难观察到, 随着利率的增加, 一开始合

约的价值基本保持在零附近, 这是由于当浮动利率较小时, 交易对手几乎不可能违约, 因此作为保险的 CCIRS 的价值也就保持在低位. 但随着利率的进一步增大, 对手的违约可能性越来越高, 保险的价值也就快速增加. 显然, 随着违约强度的升高, 违约概率在增大, 相应的保险合约也就越值钱了.

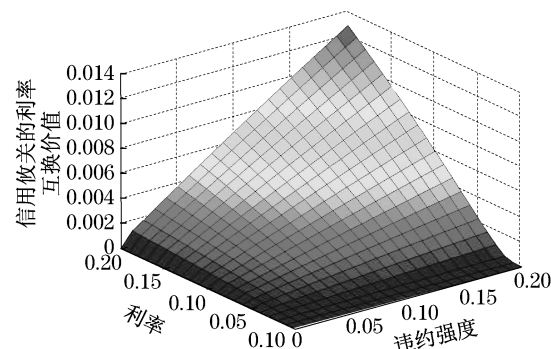


图 2 初始时刻的信用攸关的利率互换价值曲面

Fig.2 Initial value surface of credit contingent interest rate swap

2.3 CCIRS 价格函数与相关参数的关系

(1) 将 λ 长期均值调整为 $\theta_2 = 0.1$. 图 3a 表示初始时刻合约价值对违约强度长期均值水平的敏感性, 除 θ_2 外的其他参数与初始参数取值相同, 其中利率取为 0.1. 从图中可看出, θ_2 越大, CCIRS 价值越大. 这是因为当违约强度的长期均值偏大时, 违约概率总体偏高, 保险合约也就越值钱.

(2) 将 λ 的回归速度调整为 $\kappa_2 = 0.8$. 图 3b 表示了初始时刻合约价值对违约强度回归速度的敏感性, 除 κ_2 外其他参数都取为初始参数, 其中利率取为 0.1. 由图可见, κ_2 越大, 合约价格曲线的斜率越小, 即价格的变动越小. 这是因为均值回归速度越大, 违约强度回到长期均值的能力就越强, 因而合约价值也就越稳定.

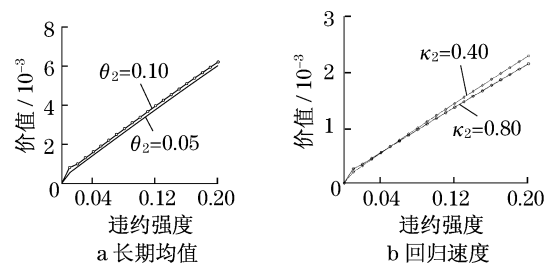


图 3 信用攸关的利率互换价值与违约强度关系

Fig.3 Relationship between the value credit contingent interest rate swap and default intensity

(3) 将 r 的长期均值调整为 $\theta_1 = 0.08$. 图 4a 表现了初始时刻合约价值对利率长期均值水平的敏感性,除 θ_1 外的其他参数与初始参数取值相同,违约强度取为 0.1. 从图中可以看出, θ_1 越大, CCIRS 价值越大. 这是因为当利率的长期均值偏大时, 交易对手支付的浮动利率数量平均水平较高, 因而违约概率总体偏高, 保险合约也就越值钱.

(4) 将 r 的回归均值速度调整为 $\kappa_1 = 0.15$. 图 4b 表现了初始时刻合约价值对利率回归速度的敏感性,除 κ_1 外其他参数都取为初始参数, 违约强度取为 0.1. 由图看出, κ_1 越大, 合约价格曲线的斜率越小, 即价格变动越小. 即均值回归速度越大, 利率回到长期均值能力越强, 因而合约价值也就越稳定.

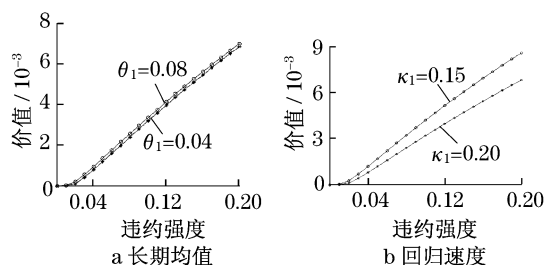


图 4 产品价值与利率关系

Fig. 4 Relationship between the value of credit contingent interest rate swap and interest rate

违约强度和利率的其他参数也有类似的分析结果.

2.4 参数取值与计算结果的进一步说明

CCIRS 是一款场外信用衍生产品, 因此主要是由相关公司之间直接商定具体条款进行交易, 其中所涉及到的有关浮动利率、固定利率、交易对手等信息一般不公开, 因而实际中较难获取相关数据. 考虑到上述问题, 笔者将着眼点放在了对 CCIRS 定价模型和计算方法的研究上. 这里对参数的假设以及所得到的结果主要是为了在建立的框架下, 对所得定价函数的基本性质作出定量分析, 并说明该定价方法的合理性和计算的可行性, 从而便于银行等市场参与者对具体 CCIRS 定价应用. 事实上, 在获得相应历史数据的情况下, 可以对模型参数进行有效的估计, 可以使用统计方法, 如极大似然估计、矩估计等

已被学界普遍认可的通用方法确定模型参数, 然后代入模型, 用本文研究的方法计算出结果.

3 结语

采用 PDE 的方法对信用衍生产品 CCIRS 的定价进行了探讨, 通过动态对冲的方法推导出了该产品价格所应服从的偏微分方程问题; 并用隐式差分法的迎风格式得到了计算结果; 还对结果与相关参数的依赖关系进行了详细分析.

参考文献:

- [1] Duffie D, Huang M. Swap rates and credit quality [J]. The Journal of Finance, 1996, 51(2): 921.
- [2] LI H. Pricing of swaps with default risk [J]. Review of Derivatives Research, 1998, 2: 231.
- [3] 周鹏, 梁进. 信用违约互换定价分析 [J]. 高校应用数学学报, 2007, 22: 311.
- ZHOU Peng, LIANG Jin. Valuation of credit default swap [J]. Applied Mathematics A Journal of Chinese Universities, 2007, 22: 311.
- [4] HUANG Huaxiong. Counterparty risk pricing [EB/OL]. [2009-09-10]. http://rida.sdu.edu.cn/weihai_workshop/files/wwsolution1.ppt.
- [5] Duffie Darrell, Singleton Kenneth J. Modeling term structures of defaultable bonds [J]. Review of Financial Studies, 1999, 12: 687.
- [6] Jarrow A Robert, Turnbull M Stuart. Pricing derivatives on financial securities subject to credit risk [J]. Journal of Finance, 1995, 50 (1): 53.
- [7] Wilmott P. Derivatives [M]. London: John Wiley & Sons, 1999.
- [8] 姜礼尚. 期权定价的数学模型和方法 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2004.
- JIANG Lishang. Mathematical models and method for option pricing [M]. Beijing: Higher Education Press, 2004.
- [9] 姜礼尚, 徐承龙, 任学敏, 等. 金融衍生产品定价的数学模型案例分析 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2008.
- JIANG Lishang, XU Chenglong, REN Xuemin, et al. Mathematical models for financial derivatives and the analysis of cases [M]. Beijing: Higher Education Press, 2008.
- [10] Morton K W, Mayers D F. Numerical solution of partial differential equations [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2005.
- [11] Schonbucher P. Credit derivatives pricing models: models, pricing and implementation [M]. Chichester: Wiley, 2003.