优先级债务与次级债务的激励效应①

薛明皋[1,2], 李楚霖[2], 龚 朴[1]
(1. 华中科技大学管理学院财务金融系, 武汉 430074; 2. 华中科技大学数学系, 武汉 430074)

摘要: 把通货膨胀率和红利支付率融入优先级债务和次级债务的激励效应模型. 利用期权的对策论分析方法,给出了优先级债务、次级债务、股票和公司价值的解析评价公式,并分析了通货膨胀率和红利支付对公司的破产决策、次债务的发行决策,以及对股东和债权人之间财富转移的重要影响. 说明了通胀率和红利支付率在实际借债合同中是不能被忽略的因素.

关键词: 优先级债务; 次级债务; 对策论; 期权; 内生破产临界值
中图分类号: F810.5 文献标识码: A 文章编号:1007 - 9807(2004)02 - 0040 - 07

0 引 言

许多文献都提到债务存在的合理性,但仅有少数区分优先级债务(senior debt)与次级债务(junior debt),并说明公司行为对不同优先级权益的影响,其中有代表性的 Perotti 和 Spier[1]证明了发行次级债务可以使优先级债务的价值降低. 这是因为通过发行次级债务抽走股票,如果优先级债务持有者不退一步接受降低他们的权益,那么股东会发出可信威胁不从事新的有价值的投资. Hart 和 Moore[2]证明了短期和长期次级债务的混合可阻止管理者从事无利可图的投资项目. 最近,Alexandre Ziegler[3]利用期权[4~9]的对策论[10~12]分析方法证明了传统常识认为债务的优先级完全可以保护债权人的权益是不正确的. 本文对文献[3]模型进行了两方面改进.

一方面是把模型中债务面值是常量的假设推广为债务面值随时间变化且以通货膨胀率增长,这是符合实际的假设. 因为,在实际经济中,最重要的长期名义性合同,主要是借债合同以及相关的合同,如果不考虑通货膨胀因素的影响,当支付期价格水平不同于签约时的价格水平,在支付人和被支付人之间就会出现"未在合同中规定"的财富转移. 再如,对家庭来讲,通货膨胀的财富转移效应是十分明显的,在一定时期内,价格水平出现1%的通货膨胀,即存在未在合同中规定的持久上升,就会对所有债权人造成意外的财富损失,这笔损失可达到未清偿的货币固定债权人的1%. 在美国,由家庭持有的货币固定债权总额达到总收入的1.5倍左右,这意味着通货膨胀每个百分点都造成相当于收入的1.5%的转移. 根据生命周期理论,金融资产机构比较重要的决定因素是年龄. 在美国,青年人的净债务大约为净资产的70%~80%;中年人也是净债务人;老年人(55岁以上)是净债权人. 由此可以推测,通货膨胀的实际影响是将财富从老年人转移给青年人. 因此考虑通货膨胀率对债务的影响是必要的. 诺贝尔经济学奖得主弗兰科·莫迪利安尼的研究表明,通货膨胀不会影响总产出(GNP),但会给资源配置、市场运行和社会大多数阶层的福利造成严重的破坏性影响[13]. 目前,在西方资本主义国家,测量通货膨胀的指标大体有两类:一是价格指数;另一种是国民产出总值平减指数. 利用这两个指数可估计一定时期的期望通货膨胀率. 把通货膨胀率融入模型是为了减少或防止因通货膨胀造成债权人的财富转移给债务人. 从数学技术上来看,把文献[3]模型中债务面值是常量的假设推广为债务面值随时间变化,且以通货膨胀率增长,使文献[3]

① 收稿日期: 2002 - 05 - 21; 修订日期: 2004 - 01 - 06.
基金项目: 国家自然科学基金资助项目(70271028).
作者简介: 薛明皋(1968 —),男,陕西城固人,博士后,讲师.

中公司及其证券的价值满足的常微分方程变为偏微分方程.

第二方面是在文献[3]模型中考虑以固定比例支付红利,因为支付红利是证券市场比较普遍的现象.

1　模　型

考虑贷款人(如金融中介、银行) 和借款人(如公司),假设借款人为了他的项目融资向第一贷款人借款 E 并承诺支付瞬时利息为 $\phi_1 D_1(t)\mathrm{d}t$ 给贷款人,其中, $D_1(t) = D_1(0)\mathrm{e}^{r^* t}$ 表示债务的面值, ϕ_1 是支付债务的瞬时利率, r^* 是通货膨胀率. 假设 $\phi_1 < r, r^* < r, r$ 为无风险利率. 借款人可以向第二贷款人借款, 但是第二贷款人的权益相对于第一贷款人来说为次级. 为了简单, 假设借款人只能借两次, 对多次借款可以类推. 假设借款人向第二贷款人借款 F 并承诺支付瞬时利息为 $\phi_2 D_2(t)\mathrm{d}t$ 给贷款人, 这里 $D_2(t) = D_2(0)\mathrm{e}^{r^* t}$ 表示债务的面值, ϕ_2 是支付次级债务的瞬时利率, r^* 是通货膨胀率. 假设 $\phi_2 < r$. 当 $r^* = 0$ 时正是文献[3] 的假设. 假设仅当借款人违约支付任何一个承诺的支付时,公司破产被清算. 如果公司破产,公司的价值损失比例为 $\alpha, 0 \le \alpha < 1$, 剩余部分为 $(1 - \alpha) S_B$, 其中, S_B 是破产时资产的价值. 假设借款人的资产价值 S 服从几何布朗运动

$$\mathrm{d}S = (\mu - \beta) S\mathrm{d}t + \sigma S\mathrm{d}W \tag{1}$$

其中: μ 为期望回报率; σ 为波动率; $\mathrm{d}W$ 为标准的 Brown 运动; β 为固定支付红利率. βS_t 由债权人与股东(借款人) 共同分享,每单位时间第一贷款人得到 $\phi_1 D_1(t)$, 第二贷款人得到 $\phi_2 D_2(t)$, 借款人得到 $\beta S_t - \phi_1 D_1 - \phi_2 D_2$,这个假设与文献[3] 的假设不同,文献[3] 假设通过发行新股票来支付债息. 本文按如下对策结构求解问题,对策结构的第一阶段为发行优先级债务, 第二阶段, 股东可能决定发行次级债务, 最后如果股东违约支付任何一个承诺的债息支付时, 宣告破产并清算.

2　公司及其证券价值

一旦对策确定,将利用期权定价理论给局中人的支付定价, 此时把所有局中人的决策变量当作参数处理.

2.1　优先级债务的价值

根据文献[4],优先级贷款人权益的价值 E 满足偏微分方程

$$\frac{1}{2}\sigma^2 S^2 \frac{\partial^2 E}{\partial S^2} + (r - \beta) S \frac{\partial E}{\partial S} + r^* D_1(t) \frac{\partial E}{\partial D_1} + r^* D_2(t) \frac{\partial E}{\partial D_2} - rE + \phi_1 D_1(t) = 0 \tag{2}$$

做变换,令 $V = \frac{S_t}{D_1(t) + D_2(t)}$, 定义 $\frac{E(S)}{D_1(t) + D_2(t)} = G(V)$, 可得

$$\frac{\partial E}{\partial S} = \frac{\partial G}{\partial V}, \quad \frac{\partial^2 E}{\partial S^2} = \frac{\partial^2 G/\partial V^2}{D_1(t) + D_2(t)}$$

$$\frac{\partial E}{\partial D_1} = G - V\frac{\partial G}{\partial V}, \quad \frac{\partial E}{\partial D_2} = G - V\frac{\partial G}{\partial V}$$

代入式(2) ,可得

$$\frac{1}{2}\sigma^2 V^2 \frac{\partial^2 G}{\partial V^2} + (r - r^* - \beta) V \frac{\partial G}{\partial V} - (r - r^*) G + \frac{\phi_1 D_1(t)}{D_1(t) + D_2(t)} = 0 \tag{3}$$

其通解为

$$G = \alpha_0 + \alpha_1 V^{\lambda_1} + \alpha_2 V^{\lambda_2} \tag{4}$$

其中

$$b \equiv r - r^* - \beta - \frac{1}{2}\sigma^2$$

$$\lambda_1 = -\frac{b - \sqrt{b^2 + 2(r - r^*)\sigma^2}}{\sigma^2} > 0$$

$$\lambda_2 = -\frac{b + \sqrt{b^2 + 2(r - r^*)\sigma^2}}{\sigma^2} < 0$$

式(4) $\times (D_1(t) + D_2(t))$, 可得

$$E = \alpha_0[D_1(t) + D_2(t)] + \alpha_1 S^{\lambda_1}[D_1(t) + D_2(t)]^{1-\lambda_1} + \alpha_2 S^{\lambda_2}[D_1(t) + D_2(t)]^{1-\lambda_2} \tag{5}$$

E 满足的边界条件

$$E(S_B) = \min[(1 - \alpha) S_B, D_1(t)] \tag{6}$$

$$E(\infty) = \frac{\phi_1 D_1(t)}{r - r^*} \tag{7}$$

由式(7) 可知,必有 $\alpha_1 = 0$,

$$\alpha_0 = \frac{\phi_1 D_1(t)}{(r - r^*)(D_1(t) + D_2(t))},$$

因此

$$E = \frac{\phi_1 D_1(t)}{r - r^*} + \alpha_2 S^{\lambda_2}[D_1(t) + D_2(t)]^{1-\lambda_2} \tag{8}$$

由式(6) 可得

$$E(S) = \begin{cases} \dfrac{\phi_1 D_1(t)}{r - r^*}\left[1 - \left(\dfrac{S}{S_B}\right)^{\lambda_2}\right] + (1 - \alpha) S_B \left(\dfrac{S}{S_B}\right)^{\lambda_2} \\ \quad \text{if} \quad (1 - \alpha) S_B \le D_1(t) \\ \dfrac{\phi_1 D_1(t)}{r - r^*}\left[1 - \left(\dfrac{S}{S_B}\right)^{\lambda_2}\right] + D_1(t) \left(\dfrac{S}{S_B}\right)^{\lambda_2} \\ \quad \text{if} \quad (1 - \alpha) S_B > D_1(t) \end{cases} \tag{9}$$

式(9) 可以用风险中性破产概率 $\left(\frac{S}{S_B}\right)^{\lambda_2}$ 解释[3]. 优先级债务的价值等于无风险债务的价值 $\frac{\phi_1 D_1(t)}{r - r^*}$ 乘以不破产概率 $\left[1 - \left(\frac{S}{S_B}\right)^{\lambda_2}\right]$, 加上优先级债权人在破产时所获得的价值 $(1 - \alpha) S_B$ 或 $D_1(t)$ (依赖于 $(1 - \alpha) S_B \le D_1(t)$, 或 $(1 - \alpha) S_B > D_1(t)$), 乘以风险中性破产概率 $\left(\frac{S}{S_B}\right)^{\lambda_2}$.

2.2 次级债务的价值

次级贷款人权益的价值 F 满足偏微分方程[4]

$$\frac{1}{2}\sigma^2 S^2 \frac{\partial^2 F}{\partial S^2} + (r - \beta) S \frac{\partial F}{\partial S} + r^* D_1(t) \frac{\partial F}{\partial D_1} + r^* D_2(t) \frac{\partial F}{\partial D_2} - rF + \phi_2 D_2(t) = 0 \tag{10}$$

F 满足的边界条件

$$F(S_B) = \max[0, \min[(1 - \alpha) S_B - D_1(t), D_2(t)]] \tag{11}$$

$$F(\infty) = \frac{\phi_2 D_2(t)}{r - r^*} \tag{12}$$

类似 2.1 节的推导, 可得

$$F(S) = \begin{cases} \dfrac{\phi_2 D_2(t)}{r - r^*}\left[1 - \left(\dfrac{S}{S_B}\right)^{\lambda_2}\right] \\ \quad \text{if} \quad (1 - \alpha) S_B \le D_1(t) \\ \dfrac{\phi_2 D_2(t)}{r - r^*}\left[1 - \left(\dfrac{S}{S_B}\right)^{\lambda_2}\right] + \\ \quad [(1 - \alpha) S_B - D_1(t)]\left(\dfrac{S}{S_B}\right)^{\lambda_2} \\ \quad \text{if} \quad D_1(t) < (1 - \alpha) S_B \le D_1(t) + D_2(t) \\ \dfrac{\phi_2 D_2(t)}{r - r^*}\left[1 - \left(\dfrac{S}{S_B}\right)^{\lambda_2}\right] + D_2(t) \left(\dfrac{S}{S_B}\right)^{\lambda_2} \\ \quad \text{if} \quad (1 - \alpha) S_B > D_1(t) + D_2(t) \end{cases} \tag{13}$$

式(13) 可以用风险中性破产概率 $\left(\frac{S}{S_B}\right)^{\lambda_2}$ 来解释. 破产时, 资产价值 $(1 - \alpha) S_B \le D_1(t)$ 时, 次级债务的价值等于无风险债务的价值 $\frac{\phi_2 D_2(t)}{r - r^*}$ 乘以不破产概率 $\left[1 - \left(\frac{S}{S_B}\right)^{\lambda_2}\right]$, 这种情况下, 破产时的资产价值 $(1 - \alpha) S_B$ 全部被优先级债权人所得. 破产时, 资产价值 $D_1(t) < (1 - \alpha) S_B \le D_1(t) + D_2(t)$ 时, 次级债务的价值等于 $\frac{\phi_2 D_2(t)}{r - r^*}$ 乘以不破产概率 $\left[1 - \left(\frac{S}{S_B}\right)^{\lambda_2}\right]$ 与次级债权人在破产时所获得的价值 $[(1 - \alpha) S_B - D_1(t)]$ 乘以风险中性破产概率 $\left(\frac{S}{S_B}\right)^{\lambda_2}$ 之和. 破产时, 资产价值 $(1 - \alpha) \cdot S_B > D_1(t) + D_2(t)$ 时, 可以类似解释.

2.3 公司的价值

公司的价值[3]

$$W(S) = S + T(S) - K(S) \tag{14}$$

其中: S 表示资产的价值; T 表示税保护的收益; K 为破产成本. K 满足偏微分方程

$$\frac{1}{2}\sigma^2 S^2 \frac{\partial^2 K}{\partial S^2} + (r - \beta) S \frac{\partial K}{\partial S} + r^* D_1(t) \cdot \frac{\partial K}{\partial D_1} + r^* D_2(t) \frac{\partial K}{\partial D_2} - rK = 0 \tag{15}$$

K 满足的边界条件

$$K(S_B) = \alpha S_B \tag{16}$$

$$K(\infty) = 0 \tag{17}$$

类似 2.1 节的推导, 可得

$$K(S) = \alpha S_B \left(\frac{S}{S_B}\right)^{\lambda_2} \tag{18}$$

式(18) 可解释为破产成本等于在破产时资产的损失 αS_B 乘以风险中性破产概率 $\left(\frac{S}{S_B}\right)^{\lambda_2}$, 因为在破产时, 破产成本为 0.

税保护收益 T 满足偏微分方程

$$\frac{1}{2}\sigma^2 S^2 \frac{\partial^2 T}{\partial S^2} + (r - \beta) S \frac{\partial T}{\partial S} + r^* D_1(t) \frac{\partial T}{\partial D_1} + r^* D_2(t) \frac{\partial T}{\partial D_2} - rT + \theta(\phi_1 D_1 + \phi_2 D_2) = 0 \tag{19}$$

其中, $0 \le \theta < 1$ 表示税率.

T 满足的边界条件

$$T(S_B) = 0 \tag{20}$$

$$T(\infty) = \theta\left(\frac{\phi_1 D_1(t) + \phi_2 D_2(t)}{r - r^*}\right) \tag{21}$$

类似 2.1 节的推导,可得

$$T(S) = \theta\left(\frac{\phi_1 D_1(t) + \phi_2 D_2(t)}{r - r^*}\right) \cdot \left[1 - \left(\frac{S}{S_B}\right)^{\lambda_2}\right] \tag{22}$$

式(22) 可解释为在破产时,税保护收益消失; 在不破产时,税保护收益等于税率乘以无风险债务价值. 因此税保护期望收益等于税率乘以无风险债务价值$\frac{\phi_1 D_1 + \phi_2 D_2(t)}{r - r^*}$, 再乘以不破产概率$\left[1 - \left(\frac{S}{S_B}\right)^{\lambda_2}\right]$.

公司的价值

$$W(S) = S + T(S) - K(S) = S + \theta\left(\frac{\phi_1 D_1(t) + \phi_2 D_2(t)}{r - r^*}\right) \cdot \left[1 - \left(\frac{S}{S_B}\right)^{\lambda_2}\right] - \alpha S_B\left(\frac{S}{S_B}\right)^{\lambda_2} \tag{23}$$

式(23) 表明公司总价值 W 等于当前资产价值 S 加上税保护的现值$\frac{\theta(\phi_1 D_1 + \phi_2 D_2(t))}{r - r^*}$ 乘以风险中性不破产概率$\left[1 - \left(\frac{S}{S_B}\right)^{\lambda_2}\right]$ 减去破产时的损失价值 αS_B 乘以风险中性破产概率$\left(\frac{S}{S_B}\right)^{\lambda_2}$.

2.4　股票的价值

股票的价值[3]

$$E(S) = W(S) - E(S) - F(S) \tag{24}$$

将式(9)、(13)、(23) 代入式(24),整理可得

$$\widetilde{E}(S) = \begin{cases} S - (1-\theta)\left(\frac{\phi_1 D_1 + \phi_2 D_2}{r - r^*}\right) \times \left[1 - \left(\frac{S}{S_B}\right)^{\lambda_2}\right] - S_B\left(\frac{S}{S_B}\right)^{\lambda_2} & \text{if } (1-\alpha) S_B < D_1(t) + D_2(t) \\ S - (1-\theta)\left(\frac{\phi_1 D_1(t) + \phi_2 D_2(t)}{r - r^*}\right)\left[1 - \left(\frac{S}{S_B}\right)^{\lambda_2}\right] - [S_B + D_1(t) + D_2(t) + \alpha S_B]\left(\frac{S}{S_B}\right)^{\lambda_2} & \text{if } (1-\alpha) S_B > D_1(t) + D_2(t) \end{cases} \tag{25}$$

式(25) 说明股票的价值等于公司的价值减去优先级债务的价值和次级债务的价值. 可以由 $W(S)$、$E(S)$、$F(S)$、$E(S)$ 的表达式讨论任意破产临界值 S_B 对公司的价值、优先级债务的价值、次级债务的价值和股东价值的影响. 局中人的支付价值都已由期权定价方法给出, 用向后归纳法求解局中人的最优策略.

3　股东的最优决策

股东选择 S_B 使得股票的价值最大化. 由式(25), 当$(1-\alpha) S_B < D_1(t) + D_2(t)$ 时

$$\frac{\partial^2 E(S)}{\partial S_B^2} = (1-\theta)\lambda_2 S^{\lambda_2} S_B^{-\lambda_2-2} \cdot \left(\frac{\phi_1 D_1(t) + \phi_2 D_2(t)}{r - r^*}\right) < 0 \tag{26}$$

令

$$\frac{\partial E(S)}{\partial S_B} = 0 \tag{27}$$

可得最优破产临界值

$$S_B = \left(\frac{-\lambda_2(1-\theta)}{1-\lambda_2}\right)\left(\frac{\phi_1 D_1(t) + \phi_2 D_2(t)}{r - r^*}\right) \tag{28}$$

当$(1-\alpha) S_B > D_1(t) + D_2(t)$ 时

$$\frac{\partial^2 E(S)}{\partial S_B^2} = \lambda_2 S^{\lambda_2} S_B^{-\lambda_2-2} \cdot \left[(1-\theta)\left(\frac{\phi_1 D_1(t) + \phi_2 D_2(t)}{r - r^*}\right) - D_1(t) - D_2(t)\right] < 0 \tag{29}$$

令

$$\frac{\partial E(S)}{\partial S_B} = 0 \tag{30}$$

可得最优破产临界值

$$S_B = \left(\frac{-\lambda_2}{\alpha(1-\lambda_2)}\right) \cdot \left[(1-\theta)\left(\frac{\phi_1 D_1(t) + \phi_2 D_2(t)}{r - r^*}\right) - D_1(t) - D_2(t)\right] \tag{31}$$

从而

$$S_B = \begin{cases} \frac{-\lambda_2(1-\theta)[\phi_1 D_1(t) + \phi_2 D_2(t)]}{(1-\lambda_2)(r - r^*)} & \text{if } (1-\alpha) S_B < D_1(t) + D_2(t) \\ \frac{-\lambda_2}{\alpha(1-\lambda_2)}\left[(1-\theta)\left(\frac{\phi_1 D_1(t) + \phi_2 D_2(t)}{r - r^*}\right) - D_1(t) - D_2(t)\right] & \text{if } (1-\alpha) S_B > D_1(t) + D_2(t) \end{cases}$$

当 $(1-\alpha)S_B < D_1(t) + D_2(t)$ 时

$$\frac{\partial S_B}{\partial r^*} = -\frac{(1-\theta)[\phi_1 D_1(t) + \phi_2 D_2(t)]}{(1-\lambda_2)(r-r^*)} \cdot \left[\frac{1}{1-\lambda_2} \times \frac{\partial\lambda_2}{\partial r^*} + \frac{\lambda_2[t(r-r^*)+1]}{r-r^*}\right]$$

其符号主要取决于后半部的符号

$$\frac{1}{1-\lambda_2} \times \frac{\partial\lambda_2}{\partial r^*} + \frac{\lambda_2[t(r-r^*)+1]}{r-r^*} = -\lambda_2\left[\frac{1}{2(r-r^*)-b\lambda_2} - \frac{1}{r-r^*} - t\right] < 0$$

所以 $\frac{\partial S_B}{\partial r^*} > 0$,类似的推导可得,当 $(1-\alpha)S_B > D_1(t) + D_2(t)$ 时,$\frac{\partial S_B}{\partial r^*} > 0$. 这说明在两种情况下,$\frac{\partial S_B}{\partial r^*} > 0$,可得下述结论.

命题 1 股东最优破产临界值随通货膨胀率 r^* 的增大而增大,导致公司早日破产.

仅从金融市场的角度看,通货膨胀率的增大导致破产的概率增大,使失业人数增加. 这个结论与菲利普斯曲线的结论相反[13]. 菲利普斯曲线是表示通货膨胀率与失业率之间相互关系的曲线,这条曲线为凯恩斯主流经济学派 ——新古典综合学派的政策主张提供了一个新的思路,这就是在充分就业的条件下,若想减少失业则要提高通货膨胀率;若想降低通货膨胀率必然会增加失业率. 弗里德曼根据 1964 —1977 年间美国、日本、联邦德国逐年平均单位产量的货币量和消费物价对比研究得出:货币增长是因,通货膨胀是果[13]. 他还认为较高失业率并不是医治通货膨胀的方法. 现代货币理论也十分强调货币量的增加是通货膨胀的根本原因. 本文的结论:当通货膨胀率增加,使企业或公司破产的概率增大,从而货币需求量的增长率降低,反过来又抑制通货膨胀,导致失业率增大.

特别地,假定 $D_1(t) = D_2(t)$,$\phi_1 = \phi_2$. 从优先级债务的价值和次级债务的价值可以看出:优先级债务的价值 $E(S)$ ≥次级债务的价值 $F(S)$. 当不破产时, 即 $S > S_B$, 优先级债务的价值 $E(S)$ = 次级债务的价值 $F(S)$. 破产时, 即 $S \le S_B$, 优先级债务的价值 $E(S)$ > 次级债务的价值 $F(S)$. 当 r^* 增大时,S_B 也增大,S_B 增大导致破产的概率增大,由于破产时优先级债务的持有者与次级债务的持有者的地位是不均等的,因此次级债务人不期望出现通货膨胀. 另外,股东更不期望出现通货膨胀,因为股东的红利为 $\beta S_t - \phi_1 D_1(t) - \phi_2 D_2(t)$,当 r^* 增大时,$\phi_1 D_1(t) + \phi_2 D_2(t)$ 增大,股东的红利变小.

4 公司发行次级债务的决策和次级债务的激励效应

一旦有了股东的最优破产决策,用向后递归的方法求解对策,为了讨论方便,以下总假设式 (28) 是股东的最优破产选择. 要使

$$\left.\frac{\partial W(S)}{\partial(\phi_2 D_2(t))}\right|_{(\phi_2 D_2(t)=0)} > 0 \text{ 即}$$

$$\left.\frac{\partial W(S)}{\partial(\phi_2 D_2(t))}\right|_{(\phi_2 D_2(t)=0)} = \frac{\theta}{r-r^*} - \left[\frac{\theta(1-\lambda_2)}{r-r^*} - \frac{(1-\theta)\alpha\lambda_2}{r-r^*}\right]\left(\frac{S}{S_B}\right)^{\lambda_2} > 0$$

可得

$$S > \frac{-\lambda_2(1-\theta)\phi_1 D_1(t)}{(1-\lambda_2)(r-r^*)}[1-\lambda_2 \cdot (1-\alpha+\alpha\theta^{-1})]^{-\lambda_2^{-1}} \equiv \hat{S} \tag{32}$$

从优化资本结构的角度来看,称 $\hat{S}$ 为发行次级债务的社会最优临界值,即当 $S > \hat{S}$ 时, 发行次级债务有利社会优化; 当 $S < \hat{S}$ 时, 发行次级债务不利社会优化; 假设通过发行次级债务所获得的资金支付给股东,则股东期望 $E(S) + F(S)$ 最大化. 以下只讨论 $D_1 + D_2 > (1-\alpha)S_B > D_1$ 的情况,对 $(1-\alpha)S_B < D_1$ 的情况可以类似讨论. 由 $E(S) + F(S) = W(S) - E(S)$,当 $(1-\alpha)S_B > D_1$ 时, 由式 (28)

$$S_B = \left(\frac{-\lambda_2(1-\theta)}{1-\lambda_2}\right)\left(\frac{\phi_1 D_1(t) + \phi_2 D_2(t)}{r-r^*}\right)$$

当 $\phi_2 D_2(t)$ 增大时,S_B 也增大,即发行次级债务,破产的临界值增高.

$$\left.\frac{\partial W(S)}{\partial(\phi_2 D_2(t))}\right|_{(\phi_2 D_2(t)=0)} > 0 \Leftrightarrow$$

$$S > \frac{-\lambda_2(1-\theta)\phi_1 D_1(t)}{(1-\lambda_2)(r-r^*)} \cdot \Big[1-\lambda_2(1-\alpha+\alpha\theta^{-1}) -$$

$$\lambda_2\theta^{-1}\left(\frac{r-r^*}{\phi_1}-1\right)\Big]^{-\lambda_2^{-1}}\equiv\overline{S}\qquad(33)$$

这里，$\overline{S}$ 是股东发行次级债务的临界值. 当 $S>\overline{S}$ 时，发行次级债务对股东有利；$S<\overline{S}$ 时，发行次级债务对股东没有好处. 比较式(32) 和式(33)，可得到下述结论.

命题 2　假定 $D_1+D_2>(1-\alpha)S_B>D_1$

1) 当 $r^*<r-\phi_1$ 时，$\overline{S}>\hat{S}>S_B$.

2) 当 $r^*>r-\phi_1$ 时，$\overline{S}<\hat{S}$，仅当 $r-\phi_1<r^*<r-\phi_1(1-\theta)(1-\alpha)$ 时，$\overline{S}>S_B$，股东才会发行次级债务.

3) 当 $r^*=r-\phi_1$ 时，$\overline{S}=\hat{S}$，优先级债务的价值

$$E(S)=\frac{\phi_1 D_1(t)}{r-r^*}\left[1-\left(\frac{S}{S_B}\right)^{\lambda_2}\right]+D_1(t)\left(\frac{S}{S_B}\right)^{\lambda_2}=D_1(t)$$

命题 2 的结论容易理解：①当通货膨胀率小于无风险利率与优先级债务人支付的瞬时利率时，$\overline{S}>\hat{S}>S_B$，表明股东发行次级债务对社会也是有利的，但由于发行次级债务导致破产的临界值 S_B 增大，由式(8) 可看出优先级债务的价值增大，即通过资本结构的变化，一部分社会收益被优先级债务者获得. ②当通货膨胀率大于无风险利率与优先级债务人支付的瞬时利率时，$\overline{S}<\hat{S}$，仅当 $r-\phi_1<r^*<r-\phi_1(1-\theta)(1-\alpha)$ 时，$\overline{S}>S_B$，股东才会发行次级债务，表明当 $\overline{S}<\hat{S}<S$ 时，解释同①. 当 $\overline{S}<S<\hat{S}$ 时，发行次级债务只对股东有利而对社会没有利，通过资本结构的变化，一部分社会收益被股东获得. ③表明优先级债务的价值等于无风险资产的价值，因此，次级债务的发行对优先级债务的价值无影响，但这是永远不能实现的，因为当 $(1-\alpha)S_B<D_1$ 时

$$\left.\frac{\partial E(S)}{\partial(\phi_2 D_2(t))}\right|_{(\phi_2 D_2(t)=0)}=\frac{-\lambda_2[(1-\alpha)(1-\theta)-1]}{r-r^*}\left(\frac{S}{S_B}\right)^{\lambda_2}<0\qquad(34)$$

说明次级债务的发行对优先级债务的价值有负面影响；当 $(1-\alpha)S_B>D_1$ 时

$$\frac{\partial E(S)}{\partial(\phi_2 D_2(t))}=\left(1-\frac{\phi_1}{r-r^*}\right)\cdot\frac{-\lambda_2 D_1(t)}{\phi_1 D_1(t)+\phi_2 D_2(t)}\left(\frac{S}{S_B}\right)^{\lambda_2}\qquad(35)$$

当 $r^*>r-\phi_1$ 时，$\frac{\partial E(S)}{\partial(\phi_2 D_2(t))}=0$，发行次级债务对优先级债务价值不受影响，但 $\phi_2 D_2(t)=0$，

$$S_B=\frac{-\lambda_2(1-\theta)[\phi_1 D_1(t)+\phi_2 D_2(t)]}{(1-\lambda_2)(r-r^*)}=\frac{-\lambda_2(1-\theta)D_1(t)}{1-\lambda_2}<D_1$$

与假设 $(1-\alpha)S_B>D_1$ 矛盾. 所以在 $(1-\alpha)S_B<D_1$ 和 $(1-\alpha)S_B>D_1$ 两种情况下，发行次级债务对优先级债务的价值都有负面影响，尽管优先级债务优先于其他权益，但它的价值受发行次级债务权益的影响.

命题 3　假定 $D_1+D_2>(1-\alpha)S_B>D_1$，当 $r^*<r-\phi_1$ 时，只要不破产发行次级债务对股东总是有利的.

因为，当 $(1-\alpha)S_B>D_1$，$r^*<r-\phi_1$ 时

$$\left.\frac{\partial(W(S)-E(S))}{\partial(\phi_2 D_2(t))}\right|_{(\phi_2 D_2(t)=0)}>0\Leftrightarrow$$

$$S>\overline{S}>S_B=\frac{-\lambda_2(1-\theta)\phi_1 D_1(t)}{(1-\lambda_2)(r-r^*)}\qquad(36)$$

从命题 2 和命题 3 可看出，通货膨胀率是发行次级债务的重要因素，它直接影响破产决策，也直接影响着优先级债务、次级债务和股东之间的财富转移.

命题 4　支付的连续红利率 β 增大，破产的临界值 S_B 降低，债权人的权益减少，股东的利益增大.

证明

$$\frac{\partial S_B}{\partial\lambda_2}=\frac{-(1-\theta)[\phi_1 D_1(t)+\phi_2 D_2(t)]}{(r-r^*)(1-\lambda_2)^2}<0$$

$$\frac{\partial(S/S_B)^{\lambda_2}}{\partial\lambda_2}=\left(\frac{S}{S_B}\right)^{\lambda_2}\left(\ln\left(\frac{S}{S_B}\right)-\frac{1}{1-\lambda_2}\right)$$

$$\frac{\partial E(S)}{\partial\lambda_2}=\begin{cases}\dfrac{(1-\theta)[\phi_1 D_1(t)+\phi_2 D_2(t)]}{(r-r^*)(1-\lambda_2)}\left(\dfrac{S}{S_B}\right)^{\lambda_2}\ln\left(\dfrac{S}{S_B}\right) & \text{if}\quad(1-\alpha)S_B<D_1(t)+D_2(t)\\ \left(\dfrac{S}{S_B}\right)^{\lambda_2}\dfrac{(1-\theta)[\phi_1 D_1(t)+\phi_2 D_2(t)]}{(r-r^*)}\ln\left(\dfrac{S}{S_B}\right)-\alpha\dfrac{\partial S_B}{\partial\lambda_2}+[\alpha S_B-(D_1(t)+D_2(t))]\cdot\left(\ln\left(\dfrac{S}{S_B}\right)-\dfrac{1}{1-\lambda_2}\right) & \text{if}\quad(1-\alpha)S_B>D_1(t)+D_2(t)\end{cases}$$

$$\frac{\partial\lambda_2}{\partial\beta}=\frac{1}{\sigma^2}\cdot$$

$$\left[1+\frac{r-r^*-\beta-\frac{\sigma^2}{2}}{\sqrt{\left(r-r^*-\beta-\frac{\sigma^2}{2}\right)^2+2(r-r^*)\sigma^2}}\right]>0$$

$$\frac{\partial S_B}{\partial\beta}=\frac{\partial S_B}{\partial\lambda_2}\times\frac{\partial\lambda_2}{\partial\beta}<0,\frac{\partial E(S)}{\partial\beta}<0,\frac{\partial F(S)}{\partial\beta}<0$$

$$\frac{\partial E(S)}{\partial\beta}=\frac{\partial E(S)}{\partial\lambda_2}\times\frac{\partial\lambda_2}{\partial\beta}>0$$

这个结论说明只要不宣告破产,即 $S>S_B$,支付出红利率 β 增大,破产的临界值 S_B 降低,债权人的权益减少,可以使财富从债权人转向股东,股东的权益增大.由此来看,通货膨胀率对公司的破产决策,次级债务的发行决策,以及对股东和债权人之间财富转移的重要影响;红利率增大能导致破产临界值降低,优先级债务和次级债务的价值减少,使债权人的财富转移向股东,股东的价值增大.所以通货膨胀率和红利率是债权人和债务人必须关心的重要因素,不应该忽视.

5 结论

本文改进了文献[3]的模型,把通货膨胀率和红利率融入到借债合同中,分别给出了优先级债务、次级债务、公司和股票价值解析评价公式,并从评价公式说明随通货膨胀率的增大使优先级债权人、次级债权人的价值增大,而债务人的价值减少,这样在借债合同中考虑通货膨胀率可以防止因通货膨胀率引起债权人的资产转移给债务人.通货膨胀率的存在使股东选择破产的最优临界值增大,在破产时优先级债务持有者和次级债务持有者的地位是不对等的,次级债权人和股东的价值减少,而优先级债权人的价值增大.进一步分析证明通货膨胀率是发行次级债务的重要因素,且直接影响着优先级债权人、次级债权人和股东之间的财富转移,也证明了传统常识认为债务的优先级完全可以保护债权人的权益是不正确的.最后分析了红利率增大导致破产临界值降低,优先级债务和次级债务的价值减少,使债权人的财富转移向股东,从而股东的价值增大.所以通货膨胀率和红利率是债权人和债务人必须关心的重要因素,不应该被忽视.

本文未讨论借债合同的最优设计,可以进一步在通货膨胀率和红利支付率都存在的情况下,如何确定借债合同中支付债务的瞬时利率,这将是一个值得研究的实际问题.

参 考 文 献:

[1] Perotti E C, Spier K E. Capital structure as a bargaining tool: The role of leverage in contract renegotiation[J]. American Economic Review, 1993, 83: 1131—1141.

[2] Hart O, Moore J. Debt and seniority: An analysis of the role of hard claims in constraining management[J]. American Economic Review, 1995, 85: 567—585.

[3] Alexandre Ziegler. A Game Theory Analysis of Options[M]. New York: Springer-Verlag, 1999.

[4] Trgeorgis L. Real Options: Managerial Flexibility and Strategy in Resource Allocation[M]. Massachusetts, London England: The MIT Press Cambridge, 1996.

[5] Dixit A K, Pindyck R S. Investment under Uncertainty[M]. NJ: Princetion University Press, 1994.

[6] Black F, Scholes M. The pricing of options and corporate liabilities[J]. Journal of Political Economy, 1973, 81: 635—654.

[7] Brennan M. The pricing of contingent claims in discrete time models[J]. Journal of Finance, 1979, 34(1): 53—68.

[8] Longstaff F A. Pricing options with extendible maturities: Analysis and applications[J]. Journal of Finance, 1990, 45: 935—957.

[9] Leland H E. Corporate debt value, bond covenants, and optimal capital structure[J]. Journal of Finance, 1994, 49: 1213—1252.

[10] Grenadier Steven R. Option exercise games: An application to the equilibrium investment strategies of firms[J]. The Review of Financial Studies, 2002, 15(3): 691—721.

[11] Weeds H. Strategic delay in a real options model of R&D competition[J]. Review of Economic Studies, 2002, 69: 729—747.

[12] Fudenberg D, Tirole J. Game Theory[M]. Cambridge: MIT Press, 1991.

[13] 侯荣华,赵国良.西方宏观经济学[M].北京:中国计划出版社,1998.
Hou Ronghua, Zhao Guoliang. Western Macroeconomics[M]. Beijing: Publishing House of China Plan, 1998(in Chinese).

(下转第 62 页)

Role-based multi-agent workflow systems

ZHAO Wei-dong[1], *HUANG Li-hua*[2]

1. Software College, Fudan University, Shanghai 200433, China;
2. School of Management, Fudan University, Shanghai 200433, China

Abstract: Many workflow-modeling tools have been developed, but most of them describe business process in terms of activity, product, goal or decision-making. Little attention is paid to roles and interactions among them. However, the success of an enterprise depends on its people and their accountabilities in the final analysis. In this paper, role-oriented workflow modeling is analyzed from the perspective of roles and their interactions. Then how to represent the role-oriented workflow models is discussed, which provide a new method for workflow management. Furthermore, with reference to the architecture of WFMC, role-driven approach to workflow management systems described by multi-agent systems (MAS) is proposed based on the analysis of the relationship between agents and roles, between MAS and workflow systems. A prototype is realized based on the approach.

Key words: role; agent; workflow model; workflow management system

(上接第46页)

Senior debt and incentive effects of junior debt

XUE Ming-gao[1,2], *LI Chu-lin*[2], *GONG Pu*[1]

1. Department of Finance, College of Management, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China;
2. Department of Mathematics, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China

Abstract: A model of incentive effects of senior debt and junior debt is developed in the paper, in which both the rate of inflation and the rate of dividend yield are incorporated. Using the method of the game theory analysis of options, the analytic valuation formulas of the senior debt, junior debt, equity and firm, respectively, is presented in the paper. The paper discuss that the effect of the rate of inflation and the rate of dividend yield on the firm's bankruptcy decision, the firm's decision to issue junior claims and this wealth transfer between the debt holders and the equity holder, respectively. In order to demonstrate that the rate of inflation and the rate of dividend yield cannot be neglected in borrow-lend contracts.

Key words: senior debt; junior debt; game theory; option; endogenous bankruptcy-trigger value