

# 公司债务期限结构与违约风险

王东静<sup>1</sup>, 张祥建<sup>2</sup>, 张景青<sup>3</sup>

(1. 交通银行股份有限公司郑州分行投资银行部, 郑州 450008;

2. 上海财经大学 财经研究所, 上海 200433;

3. 中国移动通信集团河南有限公司企业发展部, 郑州 450008)

**摘要:** 在资产风险水平、负债比率等因素一定的情况下, 短期债务比例与违约概率呈类 U 形关系, 基于风险规避角度的最优债务期限结构是存在的, 并且这一最优短期债务比例与资产风险水平正相关, 与负债比率负相关. 我国上市公司短期债务比例普遍较高, 根据理论预测和实证检验得出, 进一步提高短期债务比例将会使公司违约风险继续扩大, 进而危及我国的信用体系和金融秩序.

**关键词:** 债务期限结构; 短期债务比例; 违约概率; 资产收益波动率; 负债比率

**中图分类号:** F275.1   **文献标识码:** A   **文章编号:** 1007-9807(2009)02-0077-11

## 0 引言

公司违约风险的研究已经有数十年的历史, 最早可以追溯到 Balck 和 Scholes<sup>[1]</sup>, Merton<sup>[2]</sup> (BSM 模型). 现有的研究成果可以归纳为 3 类: 结构模型 (structure credit models)、简约模型 (reduced form credit models) 和不完备信息模型 (incomplete information models).

结构模型的研究基础是把公司债务看作是对企业资产的或有要求权, 企业市场价值的变化是其违约风险的基本驱动因素<sup>[1~3]</sup>, 违约风险为企业价值在债务到期日低于某一临界值的概率, 该模型一般要涉及到资本结构、违约边界 (阈值)、债务条款、无风险利率及企业价值等变量, 它认为债务期限与违约概率正相关, 短期债务的违约概率几乎为零; 简约模型把违约定义为突发事件, 违约事件的发生服从泊松分布<sup>[4,5]</sup>, 它不需要利用企业的相关参数来评估违约风险, 而是直接利用债券市场价格或价差, 认为短期债务的违约概率是大于零的; 不完备信息模型假定企业价值和违

约边界都是可变的, 并且债权人对这些变化过程的信息是不完备的, 它在结构模型的基础上, 通过定义“违约趋势”来估计违约概率和对债券进行定价<sup>[6,7]</sup>, 它认为企业有显著的短期债务违约风险, 债券定价应包括这部分风险溢价.

国内关于财务结构与违约风险的实证文献较多, 而理论文献较少. 程功和任宇航<sup>[8]</sup>利用期权理论研究了公司资本结构和信用风险的关系, 他们的结论是信用风险随公司资产负债率的增加而单调递增. 胡援成、姜光明<sup>[9]</sup>根据风险与收益的基本关系以及权益收益率与投资收益率的相互联系, 从企业规模角度, 建立规模序列计量经济模型, 并根据企业家期望效用最大化, 得到最优资本结构, 他们认为违约风险与企业资本结构的关系会受利率和企业规模影响. 吴恒煜和张仁寿<sup>[10]</sup>基于 BSM 结构化模型, 利用算例法研究了公司债务违约概率的比较静态特征, 他们提出资产负债率、资产收益的波动与违约概率正相关. 唐小岸和孟庆福<sup>[11]</sup>、吴世农和卢贤义<sup>[12]</sup>等人利用上市公司

收稿日期: 2006-11-06; 修订日期: 2007-11-28

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (70702035); 教育部人文社会科学一般资助项目 (07JC630012).

作者简介: 王东静 (1977—), 女, 河南周口市人, 博士. Email: 710516@vip.sina.com.cn

数据对影响企业违约风险的因素进行了实证研究,得出了与上述一致的结论.

现有文献在研究公司违约风险时虽然考虑了资本结构、债务期限,但是它们多数假定公司具有同质债务,没有考虑公司债务的期限结构(即长短期债务比例)对违约风险的影响,事实上,不同期限的债务比例组合会使公司具有不同的违约概率.

本文在 Delianedis 和 Geske<sup>[7]</sup>研究的基础上,利用结构模型的思路和复合期权定价公式考察了公司的违约风险.本文与 Delianedis 和 Geske<sup>[7]</sup>研究的不同之处在于:他们提出短期债务的违约概率完全有可能大于长期债务,本文则直接提出了短期债务比例与违约概率呈类 U 形关系的结论.

### 1 模型假设

假设在风险中性的、无摩擦的世界中,一负债公司的资产价值服从以下几何布朗运动

$$\frac{dV}{V} = \mu dt + \sigma dz$$

式中,  $V$  是公司资产价值;  $\mu$  是资产期望收益率;  $dt$  是时间增量;  $\sigma$  是资产收益波动率;  $dz$  是标准布朗运动的增量. 公司总债务面值为  $D$ , 短期债务面值为  $M_1$ , 长期债务面值为  $M_2$ , 短期债务所占比例为  $\alpha$ , 即有:  $M_1 = \alpha D, M_2 = (1 - \alpha)D$ . 假定短期债务的期限为  $T_1$ , 长期债务的期限为  $T_2$ , 有  $T_1 < T_2$ . 在债务到期日, 公司或者偿还债务, 或者违约, 在之前, 公司不存在任何的现金流支付, 因此违约只可能在债务到期日才发生. 当违约发生时, 债权人可以无清算成本立即接管该公司, 股东什么都得不到. 结合期权定价公式的运用条件, 笔者对模型的假设条件总结如下.

#### 1) 关于市场的假设

假设 1 市场无摩擦, 不存在交易成本和税收. 资产可以完全无限分割, 并可以不断地进行交易, 没有卖空限制, 不存在借贷差价.

假设 2 市场上不存在无风险套利机会.

假设 3 无风险年利率  $r$  是已知常量, 且利率期限结构是平直的, 按连续复利来计算贴现值.

#### 2) 关于企业价值的假设

假设 4 关于公司价值的莫迪利尼 - 米勒定理 (MM 定理) 成立, 即有

$$V = S + D$$

式中,  $S$  代表股权价值;  $V, D$  为公司价值和债务价值.

假设 5 公司价值的动态变化服从几何布朗运动.

#### 3) 关于公司债务的假设

假设 6 公司债务包括一项长期债务和一项短期债务, 公司在到期日偿还本息.

假设 7 在债务到期日之前, 公司不存在任何的现金流支付, 这有两个含义, 一是公司在债务存续期间债务结构是稳定的, 二是违约只可能在债务到期日才发生.

假设 8 债权人享有求偿优先权.

### 2 模型推导

众所周知, 股权价值可以看作以公司资产价值为标的, 以债务面值为执行价的欧式看涨期权. 而当把债务分长期和短期来考察时, 股权价值就不仅仅是单一期权, 而可以看作是一种复合期权 (compound options), 它是公司资产价值的买权的买权 (a call on a call). 下面推导短期债务比例与公司违约概率关系的模型.

在  $T_2$  时段末, 股权价值  $S_{V_{T_2}}$  为

$$S_{V_{T_2}} = \max[0, V_{T_2} - M_2]$$

式中,  $V_{T_2}$  是长期债务到期时公司资产价值.

$T_1$  时段末股权价值  $S_{T_1}$  可以看成是以  $T_2$  时段末公司价值为标的, 以总债务  $D$  为执行价的欧式看涨期权, 即

$$S_{T_1} = V_{T_1} N(d_1) - (1 - \alpha) D e^{-r(T_2 - T_1)} N(d_2) \tag{1}$$

$$d_1 = \frac{\ln[\frac{V_{T_1}}{(1 - \alpha)D}] + (r + \frac{1}{2}\sigma^2)(T_2 - T_1)}{\sigma\sqrt{T_2 - T_1}}$$

$$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T_2 - T_1}$$

在短期债务到期日, 公司债务为短期债务加上长期债务在此时点的市场价值, 因此, 此时债务  $B_{T_1}$  为

$$\begin{aligned} B_{T_1} &= M_1 + V_{T_1} - S_{T_1} \\ &= D + V_{T_1} - V_{T_1} \cdot N(d_1) + (1 - \alpha) D e^{-r(T_2 - T_1)} N(d_2) \end{aligned} \tag{2}$$

式中,  $V_{T_1}$  为  $T_1$  时段末资产价值.

在短期债务到期日, 如果  $V_{T_1} > B_{T_1}$ , 则公司偿还债务, 股东获得  $(V_{T_1} - B_{T_1})$  的价值, 即  $(S_{T_1} - D)$  的价值, 若  $V_{T_1} < B_{T_1}$ , 则公司被债权人接管, 股东一无所得, 因此存在阈值点  $\bar{V}_{T_1}$  使得成立

$$\begin{aligned} \bar{V}_{T_1} &= B_{T_1} \\ &= D + \bar{V}_{T_1} - \bar{V}_{T_1} N(d_1) + \\ &\quad (1 - )De^{-rT_2} N(d_2) \end{aligned} \quad (3)$$

那么, 零点时刻股权价值期望值的现值为

$$S = e^{-rT_1} E[\max(0, S_{T_1} - D)] \quad (4)$$

式中,  $E[\cdot]$  代表期望值. 式 (4) 可以整理为

$$\begin{aligned} S &= e^{-rT_1} \int_{\ln(\bar{V}_{T_1}/V)}^{\infty} \max(0, S_{T_1} - D) f(u) du \\ &= e^{-rT_1} \int_{\ln(\bar{V}_{T_1}/V)}^{\infty} (S_{T_1} - D) f(u) du \end{aligned} \quad (5)$$

式中,  $u = \ln(V_{T_1}/V)$ ;  $V$  为零点时刻公司资产价值;  $f(u)$  为正态分布概率密度函数. 积分下限表明, 当  $V_{T_1} > \bar{V}_{T_1}$  时, 公司不会违约.

把式 (1) 代入式 (5), 整理得

$$\begin{aligned} S &= Ve^{-rT_1} \int_{\ln(\bar{V}_{T_1}/V)}^{\infty} e^u N(d_1) f(u) du - \\ &\quad (1 - )De^{-rT_2} \int_{\ln(\bar{V}_{T_1}/V)}^{\infty} N(d_2) f(u) du - \\ &\quad De^{-rT_1} \int_{\ln(\bar{V}_{T_1}/V)}^{\infty} f(u) du \end{aligned} \quad (6)$$

对式 (6) 的第 1 部分积分求解的结果为 (参考了陈松男<sup>[13]</sup> 所著的《金融工程学》中的推导)

$$\begin{aligned} V \int_{\ln(\bar{V}_{T_1}/V)}^{k_1} N\left(\frac{k_2 - w}{\sqrt{1 - \frac{w^2}{V^2}}}\right) f(w) dw &= VN_2(k_1, k_2; ) \\ k_1 &= \frac{\ln\left(\frac{V}{V_{T_1}}\right) + \left(r + \frac{1}{2}\sigma^2\right)T_1}{\sqrt{T_1}} \\ k_2 &= \frac{\ln\left(\frac{V}{(1 - )D}\right) + \left(r + \frac{1}{2}\sigma^2\right)T_2}{\sqrt{T_2}} \end{aligned} \quad (7)$$

式中,  $N_2(k_1, k_2; )$  为二元标准正态分布函数. 对式 (6) 第 2 部分积分求解结果为

$$\begin{aligned} (1 - )De^{-rT_2} \times \\ \int_{\ln(\bar{V}_{T_1}/V)}^{k_2} N\left(\frac{k_2 - \sqrt{T_2} - v}{1 - \frac{v^2}{V^2}}\right) g(v) dv &= \\ (1 - )De^{-rT_2} N_2(k_1 - \sqrt{T_1}, k_2 - \sqrt{T_2}; ) \end{aligned} \quad (8)$$

对式 (6) 第 3 部分积分求解结果为

$$\begin{aligned} De^{-rT_1} \int_{\ln(\bar{V}_{T_1}/V)}^{k_1} g(v) dv &= \\ De^{-rT_1} N(k_1 - \sqrt{T_1}) \end{aligned} \quad (9)$$

将式 (7)、(8) 和 (9) 代入式 (6) 得零点时刻股权价值

$$\begin{aligned} S &= VN_2(k_1, k_2; ) - (1 - )De^{-rT_2} N_2(k_1 - \sqrt{T_1}, k_2 - \sqrt{T_2}; ) - \\ &\quad De^{-rT_1} N(k_1 - \sqrt{T_1}) \end{aligned} \quad (10)$$

从式 (6) 第 2 项有

$$\begin{aligned} \int_{\ln(\bar{V}_{T_1}/V)}^{\infty} N(d_2) f(u) du &= \\ N_2(k_1 - \sqrt{T_1}, k_2 - \sqrt{T_2}; ) \end{aligned}$$

可以看出它是公司不违约的概率, 因为该式计算的是资产在长、短期债务到期日这两个时点都超过当时债务价值的概率, 因此公司在  $T_1$  或者  $T_2$  的违约概率  $P$  为

$$P = 1 - N_2(k_1 - \sqrt{T_1}, k_2 - \sqrt{T_2}; ) \quad (11)$$

式 (11) 即为所要求的公司违约风险的测度公式, 其中  $\bar{V}_{T_1}$  可以由式 (4) 求解出,  $V$  为服从对数正态分布的随机变量, 为研究变量. 下面通过数据模拟来揭示违约概率与 的关系.

### 3 债务期限结构与违约风险的比较静态分析

#### 3.1 基于不同资产风险水平的债务期限结构与违约概率的关系

根据式 (3) 和式 (11), 利用数据模拟计算了基于一定资产风险水平的不同债务期限结构下的公司违约概率, 计算结果见表 1. 在计算过程中, 假定长期债务期限是 5 年, 即  $T_2 = 5$ ; 短期债务期限是 1 年, 即  $T_1 = 1$ ; 无风险利率取 2005 年我国 1 年期贷款基准利率  $r = 0.056$ . 在本小节中负债水平  $D = 50$ , 这主要表示公司的负债比率是 50%, 因为  $V$  的均值取为 100.  $V$  是服从对数正态分布的随机变量, 用 matlab 软件产生了 500 个以 100 为均值, 以 1 为标准差的服从对数正态分布的随机数, 针对每一个 和 值计算了 500 个违约概率, 然后取这 500 个数的均值. 资产收益波动率 的取

值主要参考了 Delianedis和 Geske<sup>[7]</sup>、Leland和 Toft<sup>[14]</sup>、Sarkar<sup>[15]</sup> 以及石晓军、陈殿左<sup>[16]</sup> 的研究成果。Delianedis和 Geske<sup>[7]</sup> 的研究表明投资级公司的资产收益波动率约为 0.17,而非投资级公司则约为 0.24;Leland和 Toft<sup>[14]</sup>、Sarkar<sup>[15]</sup> 在研究中分别取 0.2和 0.3,石晓军、陈殿左<sup>[16]</sup> 研究了中国 72个公司的资产收益波动率,结果是均值约为 0.17.因此,本文在 0.17 ~ 0.4之间对  $\sigma$  进行取值研究。

从表 1及图 1、图 2、图 3、图 4可以看出:在每一个资产风险水平,随着短期债务比例的升高,公

司的违约概率都是先降后升,二者呈 U形关系.但有所区别的是:在不同的资产风险水平,公司违约概率达到最低点的位置不同,例如,  $\sigma = 0.2$ 时,公司违约概率在短期债务比例  $\lambda = 0.5$ 处达到最低,而当  $\sigma = 0.3$ 时,公司违约概率在短期债务比例  $\lambda = 0.6$ 处达到最低.这说明当资产风险水平提高时,适当增加短期债务比例会有利于降低债务违约风险.从表 1还可以看出:在一定短期债务比例下,随着  $\sigma$  的增加,公司违约概率也在增加,因此资产风险水平也是影响债务违约概率的重要因素,二者呈正相关关系。

表 1 基于不同资产收益波动率  $\sigma$  的违约概率  $p$ 与短期债务比例  $\lambda$  的关系

Table 1 The relationship of default probability  $p$  and short-term debt proportion  $\lambda$  based on different asset return volatility ( $\sigma$ )

资产收益波动率		短期债务比例							
		0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
P	A组 $\sigma = 0.17$	0.0017	0.0006	0.0002	0.0001	0.0002	0.0002	0.0003	0.0004
	B组 $\sigma = 0.20$	0.0077	0.0035	0.0016	0.0012	0.0013	0.0017	0.0022	0.0029
	C组 $\sigma = 0.30$	0.0792	0.0582	0.0435	0.0350	0.0319	0.0330	0.0364	0.0408
	D组 $\sigma = 0.40$	0.1982	0.1691	0.1447	0.1256	0.1123	0.1054	0.1051	0.1130

注:表中概率值是基于以下假定计算出来的:  $T_1 = 1, T_2 = 5, D = 50, r = 0.056, V$ 的均值是 100,方差是 1

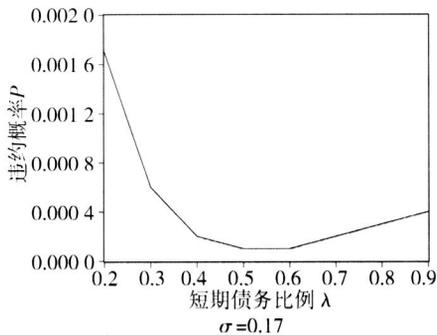


图 1  $\sigma = 0.17$  时违约概率与短债比例

Fig. 1 The relationship of default probability and short-term debt proportion when  $\sigma$  is 0.17

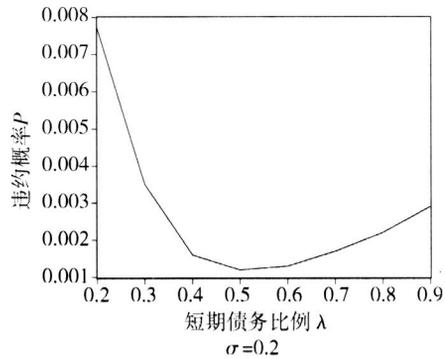


图 2  $\sigma = 0.2$  时违约概率与短债比例

Fig. 2 The relationship of default probability and short-term debt proportion when  $\sigma$  is 0.2

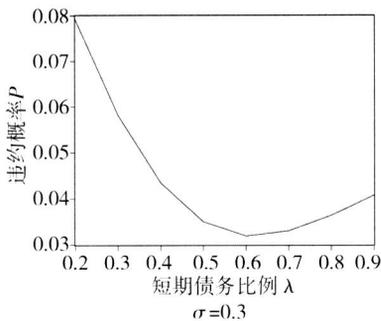


图 3  $\sigma = 0.3$  时违约概率与短债比例

Fig. 3 The relationship of default probability and short-term debt proportion when  $\sigma$  is 0.3

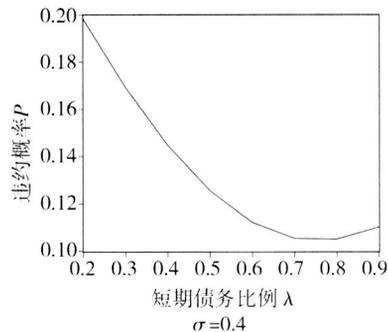


图 4  $\sigma = 0.4$  时违约概率与短债比例

Fig. 4 The relationship of default probability and short-term debt proportion when  $\sigma$  is 0.4

### 3.2 基于不同负债水平的债务期限结构与违约概率的关系

在这一部分, 计算了基于一定负债水平的不同债务期限结构下的公司违约概率, 计算结果见表 2。从表 2、图 5、图 6、图 7、图 8 可以清楚看出, 在每一个债务水平上, 短期债务比例与违约概率都

有类 U 形的关系, 但有所区别的是, 在不同的债务水平, 公司违约概率达到最低点时的短期债务比例不同, 也即 U 形底部位置不同。另外, 随着负债水平的提高, 最优短债比例越来越低, 换句话说, 当负债水平增加, 违约风险增大时, 延长债务期限是最优的。

表 2 基于不同负债水平 D 的违约概率 p 与短期债务比例 的关系

Table 2 The relationship of default probability  $p$  and short-term debt proportion based on different leverage  $D$

负债水平		短期债务比例							
		0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
p	A组 $D = 30$	4.6E-05	3.2E-05	1.0E-05	1.0E-08	7.0E-08	1.8E-07	2.2E-07	5.6E-07
	B组 $D = 50$	0.0077	0.0035	0.0016	0.0012	0.0013	0.0017	0.0022	0.0029
	C组 $D = 70$	0.0521	0.0378	0.0337	0.0363	0.0425	0.0504	0.0593	0.0692
	D组 $D = 90$	0.1742	0.1670	0.1752	0.1925	0.2146	0.2387	0.2638	0.2895

注: 表中概率值是基于以下假定计算出来的:  $T_1 = 1, T_2 = 5, \lambda = 0.2, r = 0.056, V$  的均值是 100, 方差是 1。

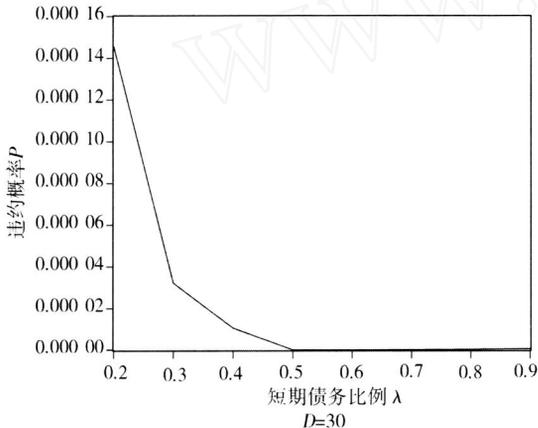


图 5  $D = 30$  时债务期限结构与违约概率

Fig. 5 Relationship of default probability and short-term debt proportion when  $D$  is 30.

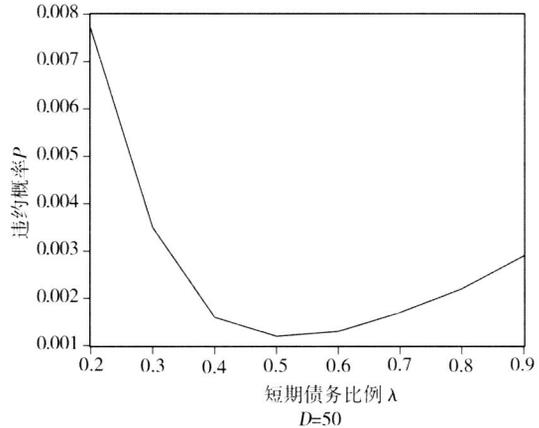


图 6  $D = 50$  时债务期限结构与违约概率

Fig. 6 Relationship of default probability and short-term debt proportion when  $D$  is 50.

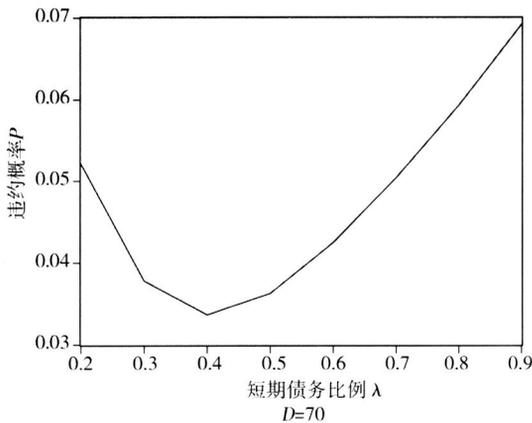


图 7  $D = 70$  时债务期限结构与违约概率

Fig. 7 Relationship of default probability and short-term debt proportion when  $D$  is 70.

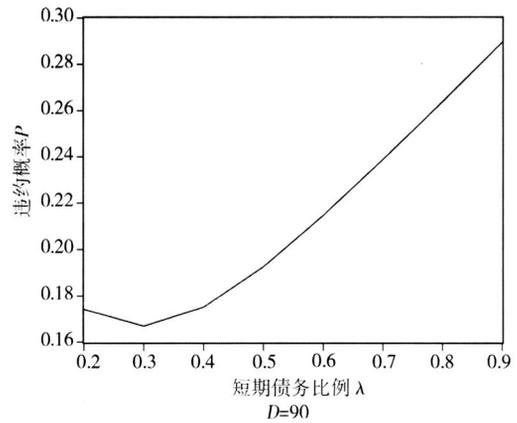


图 8  $D = 90$  时债务期限结构与违约概率

Fig. 8 Relationship of default probability and short-term debt proportion when  $D$  is 90.

## 4 公司债务期限结构与违约风险关系的实证研究—基于中国上市公司数据

### 4.1 研究假设、数据选择与变量定义

#### 1) 研究假设

我国约有 89% 的上市公司的短期债务比例在 70% 以上,根据理论模型,这么高的比例应该在 U 形图的递增阶段,即有短期债务比例与违约风险正相关关系。此外,理论模型还揭示了资产收益波动率、负债水平与违约概率也呈正相关关系,因此本文提出了以下待检验假设:

**假设 1** 中国上市公司短期债务比例与违约风险呈正相关关系。

**假设 2** 中国上市公司资产收益波动率与违约风险呈正相关关系。

**假设 3** 中国上市公司负债水平与违约风险呈正相关关系。

#### 2) 数据样本选择

由于违约风险的不可观测性,现有文献对样本数据的选择有两种方法:一种是以所有上市公司为研究样本,计算每个公司财务风险值(例如 Altman Z-SCORE)作为违约概率的替代指标;另外一种是以 ST 公司为目标组,即潜在违约组,以同等数目的对应行业的非 ST 公司作为对比组,利用二值因变量模型 logit 或 probit 模型来研究违约风险与诸变量的关系<sup>[11,12]</sup>。本文认为第 1 种方法存在的问题,因为财务风险值的计算本身需要用到大量财务指标,用这样得到的数值作为因变量来研究它与各财务指标之间的回归关系,会有同义反复之嫌。因此,本文采用第 2 种方法来选择样本和定义因变量。以 2005 年 A 股上市公司中的 ST 公司作为潜在违约组,剔除数据不全的公司,共得到 146 个 ST 公司,在每个 ST 公司所处的行业中随机抽取同等数目的非 ST 公司作为对比组,因此,样本共包含 292 个观测个数。数据来源于 wind 资讯金融数据库。

#### 3) 变量定义

被解释变量为二值变量,ST 公司取值 1,非 ST 公司取值 0。解释变量是:债务期限结构、资产收益波动率、负债比率。债务期限结构变量用短期债务占总债务的比例来度量,符号记为“MATURITY”;负债比率变量用公司总负债水平与总资产的比例来度量,符号记为“LEV”;资产收益波动率用息税前利润(EBIT)与资产账面价值之比的标准差来度量,用符号  $\sigma_E$  表示。

另外,根据方洪全、曾勇<sup>[17]</sup>的研究,公司盈利能力、资产周转率及短期偿债能力也会影响公司的违约风险,因此,本文添加资产净利率、总资产周转率、流动比率作为控制变量,以控制这些因素的作用。所有解释变量和控制变量的定义见表 3。

表 3 变量定义

Table 3 Variables definition

变量	符号	定义
潜在违约状况	DEFAULT	财务困境取值 1, 正常取值 0
债务期限结构	MATURITY	短期债务 / 总债务
资产收益波动率	$\sigma_E$	EBIT 与资产账面价值之比的标准差
负债比率	LEV	总债务 / 总资产
资产净利率	ROA	净利润 / 总资产
总资产周转率	ZCZZ	销售收入 / 平均资产总额
流动比率	LDBL	流动资产 / 流动负债

### 4.2 潜在违约组和对比如样本的变量均值差异显著性检验

表 4 给出了样本数据各变量的统计特征。各变量对应的 Jarque-Bera 值都很大(除对比组的资产收益波动率以外),这说明样本数据不服从正态分布,均值比较的  $t$  检验法以及模型回归的最小二乘估计方法不再适用。从峰度值可以看出,样本数据呈现明显的尖峰分布。

本文用独立样本非参数检验法—Mann-Whitney U 来检验潜在违约组公司与对比组公司各变量均值差异的显著性,该方法不要求样本数据服从正态分布,表 5 是检验结果,表明两组样本各变量的均值有显著差异。从表 4、表 5 可以看出:对比组的平均短债比例小于潜在违约

注:根据 wind 的资讯库数据计算而得。

组;对比组的负债比率、资产收益波动率也都比潜在违约组的小,而资产净利率、总资产周转率和流动比率却比潜在违约组的大. 这些结果初步证明了假设 1、假设 2、假设 3.

表 4 样本数据的统计描述

Table 4 Descriptive statistics of the sample

变量		平均值	中位值	最大值	最小值	标准差	偏度	峰度	Jarque-Bera
潜在违约组	短期债务比例	0.9503	0.9916	1	0.3958	0.0936	-3.2841	15.7565	1252.395
	资产收益波动率	6.8640	6.6605	18.1755	4.8761	1.3367	4.2872	36.3896	7229.3820
	负债比率	1.6106	0.8560	43.0753	0.1927	3.8782	8.8471	91.8282	49904.94
	资产净利率	-19.287	-11.557	8.1459	-168.259	28.346	-2.9773	13.6369	903.9956
	总资产周转率	0.3486	0.3014	1.4989	0.0002	0.2829	1.2561	5.2068	68.0244
	流动比率	0.7037	0.5816	4.1514	0.0084	0.5741	2.3868	12.2631	6660.6207
对比组	短期债务比例	0.8548	0.9273	0.9999	0.2854	0.1684	-1.4142	4.2623	58.3668
	资产收益波动率	5.3493	5.2190	8.2375	1.8941	1.0624	0.1082	3.3135	0.8830
	负债比率	0.5319	0.5627	0.8942	0.0473	0.1679	-0.5051	3.2673	6.6451
	资产净利率	0.6792	1.6054	16.0464	-31.0523	6.6477	-2.0486	9.7027	375.4317
	总资产周转率	0.7749	0.6055	3.8317	0.0810	0.5539	1.9008	8.9304	301.8673
	流动比率	1.4015	1.0880	15.0818	0.2402	1.4667	6.3364	54.9289	17381.38

表 5 两组样本的变量均值差异显著性检验

Table 5 The difference test of comparing means of variables of two groups of firms

变量	潜在违约组	对比组	Mann-Whitney U	Wilcoxon W	Sig
短债比例	0.9503	0.8548	5410	16141	0.000
资产收益波动率	6.8640	5.3493	3208	13939	0.000
负债比率	1.6106	0.5319	3651	14382	0.000
资产净利率	-19.287	0.6792	3105	13836	0.000
流动比率	0.3486	0.7749	4544	15275	0.000
总资产周转率	0.7037	1.4015	4713	15444	0.000

### 4.3 回归模型及结果分析

#### 1) 回归模型设定

Logit模型是研究违约风险的有效工具,被研究者广泛采用,它的一般形式为

$$L_i = \ln \left( \frac{p_i}{1 - p_i} \right) = X_i \beta + \epsilon_i \quad (13)$$

其中,  $p_i$  为当因变量取值 1 时的概率,在本文中即为公司潜在违约的概率;  $X_i$  是由解释变量和控制变量组成的行向量,  $\beta$  是由待估系数组成的列向量,  $\epsilon_i$  是随机误差项. 本文亦拟用上述 logit 的模型.

#### 2) 模型有效性检验

表 6 是模型 13 的回归结果. 模型的预测准确度是 88.36%, 似然比统计量 LR 为 241.2822, Mc-fadden  $R^2$  为 0.5960, 这些指标是比较理想的,

并且解释变量的系数都很显著,表明模型是有效的.

#### 3) 回归结果分析

短期债务比例变量的系数在 1% 水平上显著为正,这表明在其他因素一定的情况下,短期债务比例越高,违约风险越高. 资产收益波动率的系数显著为正,这说明随着资产风险水平的提高,违约风险会随之增加. 负债比率系数显著为正,表明负债比率越高,公司违约风险越高. 以上 3 个变量的回归结果充分证明了假设 1、假设 2 和假设 3.

关于控制变量的回归结果:资产净利率系数在 5% 水平显著为负,表明资产净利率越高,公司的违约风险越低;总资产周转率的系数显著为负,表明随着公司总资产周转率的提高,违约风险随之降低;流动比率的系数不显著.

表6 模型(13)的回归结果

Table 6 Regression results of model (13)

变量	系数	标准误	Z统计量	p值
MATURITY	5.674 7	1.657 8	3.423 0	0.000 6
E	0.979 7	0.193 3	5.068 3	0.000 0
LEV	4.393 4	1.338 5	3.282 2	0.001 0
ROA	-0.079 5	0.031 6	-2.516 2	0.011 9
LDBL	0.113 4	0.183 3	0.618 9	0.535 9
ZCZZ	-2.511 6	0.764 5	-3.285 2	0.001 0
C	-13.079 9	2.107 2	-6.206 9	0.000 0
模型预测准确度	88.36%			
LR统计量	241.282 2			
Mc-fadden $R^2$	0.596 0			

注:模型估计经过了Huber/White方差稳健性调整。

基于以上的回归结果可以看出,从风险规避的角度来看,我国大部分公司的债务期限结构不是处于最优状态,而是处于明显的高位,即在U形关系图的右上半部分。在这一部分,短期债务比例和违约风险呈正相关,增加短债比例会增加违约概率,降低短债比例会减少违约概率。继续提高短债比例会使公司违约概率进一步增加,进而引发银行坏账增加、社会信用体系脆弱等连锁反应。因此,公司要增强债务期限结构管理的意识,使债务期限结构趋于合理化;政府要积极营造公司举借长期债务的宽松环境,拓宽公司长期债务的融资渠道。

#### 4) 稳健性检验

为了检验回归结果的稳健性,本文用短期银行借款比例代替原来的短期债务比例,保持其他变量不变,对模型重新做回归。结果显示:所有解释变量回归系数的符号与原回归结果是一致的,短期银行借款变量的显著性水平比原回归结果更

高,p值为0.0003,负债比例和流动比率变量系数的显著性水平也有所提高,只有资产波动率的显著性水平有稍许降低。总的看来,模型回归结果是稳健的,这为从金融机构与公司债权债务关系的角度来解释回归结果提供了更为有力的证据。

## 5 结 论

利用复合期权理论推导出了含有短期债务比例变量的违约概率计算表达式,并通过数据模拟归纳出了二者的关系,得出的结论是:

(1)在资产风险水平、负债比例等因素一定的情况下,短期债务比例与违约风险呈类U形关系,这意味着存在某一短期债务比例使违约概率达到最低,也即基于风险规避角度的最优债务期限结构是存在的。

(2)随着资产风险水平和负债比率的变化,最优债务期限结构也在变化:当资产收益波动率增加时,最优短期债务比例会提高,即资产风险加大时,缩短债务期限有利于规避违约风险;当负债比率增加时,最优短期债务比例会降低,也即当负债水平较高时,延长债务期限将有利于规避风险。

(3)在其他因素一定的情况下,资产收益波动率、负债比率与违约概率正相关。

利用理论模型对我国上市公司的短期债务比例与违约风险的关系进行实证研究发现:由于我国上市公司短期债务比例普遍较高,因此二者的关系在上述U形关系图的递增部分,即进一步提高短期债务比例将会使违约风险继续扩大,进而危及我国的信用体系和金融秩序。

## 参 考 文 献:

- [1] Black F, Scholes M. The pricing of options and corporate liabilities[J]. Journal Political Economy, 1973, 81(3): 637—659.
- [2] Merton R C. On the pricing of corporate debt: The risk structure of interest rates[J]. Journal of Finance, 1974, 29(2): 449—470.
- [3] Black F, Cox J C. Valuing corporate securities: Some effects of bond indenture provisions[J]. Journal of Finance, 1976, 31(2): 351—367.
- [4] Artzner P, Delbaen F. Default risk insurance and incomplete markets[J]. Mathematical Finance, 1995, 5(5): 187—195.
- [5] Duffie D, Singleton K. Modeling term structures of defaultable bond[J]. Review of Financial Studies, 2000, 12(5): 687—720.
- [6] Duffie D, Lando D. Term structures of credit spreads with incomplete accounting information[J]. Econometrica, 2001, 69(3): 633—664.
- [7] Delianedis G, Geske R. Credit Risk and Risk Neutral Default Probabilities: Information About Rating Migrations and De-

faults[R]. Working Paper, UCLA, Anderson, 1998

- [8] 程 功, 任宇航. 公司资本结构对信用风险的影响 [J]. 北京理工大学学报 (社会科学版), 2007, 19(1): 73—76  
Cheng Gong, Ren Yu-hang The effect of company capital structure on the credit risk of bank[J]. Journal of Beijing Institute of Technology (Social Sciences Edition), 2007, 19(1): 73—76 (in Chinese)
- [9] 胡援成, 姜光明. 基于风险和收益对称的最优资本结构研究 [J]. 管理科学学报, 2006, 9(5): 76—81.  
Hu Yuan-cheng, Jiang Guang-ming Study on optimal capital structure: Based on trade off between return and risk[J]. Journal of Management Sciences in China, 2006, 9(5): 76—81. (in Chinese)
- [10] 吴恒煜, 张仁寿. 结构化模型中违约概率的比较静态分析及实证 [J]. 系统工程, 2005, 23(5): 61—66  
Wu Heng-yu, Zhang Ren-shou On the comparative statics of default probability under the structure model: Theory and empirical test[J]. System Engineering, 2005, 23(5): 61—66 (in Chinese)
- [11] 唐小岸, 孟庆福. 上市公司信用评价模型——二元因变量模型的应用 [J]. 预测, 2002, (2): 29—35.  
Tang Xiao-an, Meng Qing-fu The model to evaluate company's credit rating—the application of the binary dependent variable model[J]. Forecasting, 2002, (2): 29—35. (in Chinese)
- [12] 吴世农, 卢贤义. 我国上市公司财务困境的预测模型研究 [J]. 经济研究, 2001, 36(6): 41—52  
Wu Shi-nong, Lu Xian-yi A study of models for predicting financial distress in China's listed companies[J]. Economic Research Journal, 2001, 36(6): 41—52 (in Chinese)
- [13] 陈松男. 金融工程学 [M]. 上海: 复旦大学出版社, 2002 62—79.  
Chen Song-nan Financial Engineering[M]. Fudan University Publishing Company, 2002 62—79. (in Chinese)
- [14] Leland H, Toft KB. Optimal capital structure, endogenous bankruptcy, and the term structure of credit spreads[J]. Journal of Finance, 1996, 51(6): 987—1019.
- [15] Sarkar Illiquidity risk, project characteristics, and the optimal maturity of corporation debt[J]. Journal of Finance, 1999, 54(3): 353—370.
- [16] 石晓军, 陈殿左. 债权结构、波动率与信用风险 [J]. 财经研究, 2004, 30(9): 24—32  
Shi Xiao-jun, Chen Dian-zuo Debt structure, volatility and credit risk[J]. Journal of Finance and Economic, 2004, 30(9): 24—32 (in Chinese)
- [17] 房洪全, 曾 勇. 银行信用风险评估方法的实证研究及比较分析 [J]. 金融研究, 2004, (1): 37—46  
Fang Hong-quan, Zeng Yong An empirical study and comparative analysis on credit risk evaluation of enterprise[J]. Journal of Financial Research, 2004, (1): 37—46 (in Chinese)

## Corporate debt maturity structure and default risk

WANG Dong-jing<sup>1</sup>, ZHANG Xiang-jian<sup>2</sup>, ZHANG Jing-qing<sup>3</sup>

1. Investment Banking DEPT, Zhengzhou Branch, Bank of Communications CORP., Zhengzhou 450000, China;
2. Institute of Finance & Economics Research, Shanghai University of Finance & Economics, Shanghai 200433, China;
3. Research and Development DEPT, Henan Mobile Communications Co., Ltd, Zhengzhou 450008, China

**Abstract:** Given the volatility of asset returns and leverage, the relationship of corporate short-term debt proportion and default probability take the form of U shape. The optimal debt maturity structure exists and the optimal short-term debt proportion is positively correlated with the volatility of asset returns and negatively with leverage. According to theoretic forecast and empirical research, the short-term debt proportions of most Chinese companies are very high, which means that if the ratio is increased further, default probability will increase greatly, and then the banks will suffer more loss and the social credit system will become worse.

**Key words:** debt maturity structure; short-term debt proportion; default probability; leverage

附录

1. 式(7)的推导过程

令  $v = \frac{u - \mu T_1}{\sqrt{T_1}}$ , 则  $\frac{du}{dv} = \sqrt{T_1}$ ; 积分下限为  $h = \frac{\ln(V_{T_1}/V) - \mu T_1}{\sqrt{T_1}}$ . 由

$$f(u) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \frac{1}{\sqrt{T_1}} e^{-\frac{(u - \mu T_1)^2}{2 T_1}}, \quad -\infty < u < +\infty$$

有

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{V e^{\mu T_1}}{(1 - D) V}\right) + \left(r + \frac{1}{2} \sigma^2\right) (T_2 - T_1)}{\sqrt{T_2 - T_1}}$$

$$= \frac{u + \ln\left(\frac{V}{(1 - D) V}\right) + \left(r + \frac{1}{2} \sigma^2\right) (T_2 - T_1)}{\sqrt{T_2 - T_1}}$$

$$= \frac{\mu T_1 + v \sqrt{T_1} + \ln\left(\frac{V}{(1 - D) V}\right) + \left(r + \frac{1}{2} \sigma^2\right) (T_2 - T_1)}{\sqrt{T_2 - T_1}}$$

式(6)的第1项的积分部分则为

$$\int_{\frac{\ln(V_{T_1}/V)}{\sqrt{T_1}}}^{\frac{\ln(V_{T_1}/V) + \mu T_1}{\sqrt{T_1}}} e^{\mu T_1 + v \sqrt{T_1}} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{v^2}{2}} N(d_1) dv$$

$$= \int_h^+ \frac{N(d_1)}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}(v - \sqrt{T_1})^2 + \mu T_1} dv$$

$$= \int_h^+ \frac{N(d_1)}{\sqrt{2\pi}} e^{-(v - \sqrt{T_1})^2/2} \cdot e^{\mu T_1} dv \tag{12}$$

(注:在风险中立世界中,服从对数正态分布的随机变量有以下性质:  $\mu_t = r t - \frac{1}{2} \sigma^2 t$ )

令  $w = v - \sqrt{T_1}$ , 则  $dw = dv - \sqrt{T_1}$ , 所以式(12)为

$$e^{\mu T_1} \int_w^+ \frac{N(d_1)}{\sqrt{2\pi}} e^{-w^2} dw = e^{\mu T_1} \int_w^+ N(d_1) f(w) dw$$

$$\left[ w^* = \frac{\ln(V_{T_1}/V) - \mu T_1}{\sqrt{T_1}} - \sqrt{T_1} \right], \quad f(w) \text{ 为标准正态分布}$$

$$\text{这里, } N(d_1) = N\left[\frac{\mu T_1 + w \sqrt{T_1} + \frac{1}{2} T_1 + \ln\left(\frac{V}{(1 - D) V}\right) + \frac{1}{2} (T_2 - T_1) + r(T_2 - T_1)}{\sqrt{T_2 - T_1}}\right]$$

$$= N\left[\frac{r T_1 - \frac{1}{2} T_1 + w \sqrt{T_1} + \ln\left(\frac{V}{(1 - D) V}\right) + \frac{1}{2} (T_2 + T_1) + r(T_2 - T_1)}{\sqrt{T_2 - T_1}}\right]$$

$$= N\left[\frac{w \sqrt{T_1} + \ln\left(\frac{V}{(1 - D) V}\right) + \frac{1}{2} T_2 + r T_2}{\sqrt{T_2 - T_1}}\right]$$

$$= N\left[\frac{w \sqrt{T_1} + \ln\left(\frac{V}{(1 - D) V}\right) + \frac{1}{2} T_2 + r T_1}{\frac{\sqrt{T_2}}{\sqrt{T_2 - T_1}}}\right]$$

$$\text{令 } k_2 = \frac{\ln\left(\frac{V}{(1 - D) V}\right) + \left(r + \frac{1}{2} \sigma^2\right) T_2}{\sqrt{T_2}}, \text{ 则 } N(d_1) = N\left[\frac{k_2 + w}{\sqrt{1 - \frac{T_1}{T_2}}}\right], \quad \left[ \frac{\sqrt{T_1}}{\sqrt{T_2}} \right]$$

所以,式 (6) 的第 1 项为

$$\begin{aligned} V e^{-rT_1} \cdot e^{rT_1} \cdot N\left(\frac{k_2 + w}{\sqrt{1 - \rho^2}}\right) f(w) dw &= V e^{-w^*} N\left(\frac{k_2 + w}{\sqrt{1 - \rho^2}}\right) f(w) dw \\ -w^* &= \frac{-\ln(V_{T_1}/V) + \mu T_1}{\sqrt{T_1}} + \sqrt{T_1} \\ &= \frac{-\ln(V_{T_1}/V) + (rT_1 - \frac{1}{2}\sigma^2 T_1) + \sigma^2 T_1}{\sqrt{T_1}} \\ &= \frac{\ln(V/\bar{V}_{T_1}) + (r + \frac{1}{2}\sigma^2) T_1}{\sqrt{T_1}} \end{aligned}$$

令  $-w^* = k_1$ , 则式 (6) 的第 1 项为

$$V e^{k_1} N\left(\frac{k_2 - w}{\sqrt{1 - \rho^2}}\right) f(w) dw = VN_2(k_1, k_2; \rho)$$

这即是式 (7)。

2 式 (8) 的推导过程

$$\text{令 } v = \frac{u - \mu T_1}{\sqrt{T_1}}, \text{ 因此, } \frac{du}{dv} = \sqrt{T_1}; \text{ 积分下限为 } v^* = \frac{\ln(V_{T_1}/V) - \mu T_1}{\sqrt{T_1}}. \text{ 由}$$

$$f(u) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(u - \mu T_1)^2}{2T_1}}, \quad -\infty < u < +\infty$$

有

$$\begin{aligned} N(d_2) &= \frac{\mu T_1 + v \sqrt{T_1} + \ln\left(\frac{V}{(1 - \rho^2)D}\right) + \left(r + \frac{1}{2}\sigma^2\right)(T_2 - T_1) - \frac{1}{2}\sigma^2(T_2 - T_1)}{\sqrt{T_2 - T_1}} \\ &= N\left[\frac{\mu T_1 + v \sqrt{T_1} + \ln\left(\frac{V}{(1 - \rho^2)D}\right) - \frac{1}{2}\sigma^2(T_2 - T_1) + r(T_2 - T_1)}{\sqrt{T_2 - T_1}}\right] \\ &= N\left[\frac{rT_1 - \frac{1}{2}\sigma^2 T_1 + v \sqrt{T_1} + \ln\left(\frac{V}{(1 - \rho^2)D}\right) - \frac{1}{2}\sigma^2(T_2 - T_1) + r(T_2 - T_1)}{\sqrt{T_2 - T_1}}\right] \\ &= N\left[\frac{v \sqrt{T_1} + \ln\left(\frac{V}{(1 - \rho^2)D}\right) - \frac{1}{2}\sigma^2 T_2 + rT_2}{\sqrt{T_2 - T_1}}\right] \\ &= N\left[\frac{v \sqrt{T_1}/(\sqrt{T_2}) + \left[\ln\left(\frac{V}{(1 - \rho^2)D}\right) - \frac{1}{2}\sigma^2 T_2 + rT_2\right]/(\sqrt{T_2})}{\sqrt{T_2 - T_1}/(\sqrt{T_2})}\right] \\ &= N\left[\frac{v + k_2 - \frac{1}{2}\sigma^2 \sqrt{T_2}}{\sqrt{1 - \rho^2}}\right] \end{aligned}$$

此外,  $g(v) = f(u) \left| \frac{du}{dv} \right| = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-v^2/2} \sqrt{T_1} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-v^2/2}$ , 它服从标准正态分布。

因此,式 (6) 的第 2 项为

(下转第 141 页)

1	2	3	4	5	6	7
非常不同意			无所谓			非常同意
T17、您所在企业能够预见顾客未来需求的变化						
1	2	3	4	5	6	7
非常不同意			无所谓			非常同意
T18、您所在企业能够预见顾客偏好的变化						
1	2	3	4	5	6	7
非常不同意			无所谓			非常同意

注：

营销战略能力对应题项：Q 7、Q 8、Q 9、Q 10

营销战术能力对应题项：Q 1、Q 4、Q 5、Q 6

市场影响能力对应题项：Q 2、Q 3、Q 11、Q 12、Q 13、Q 14、Q 15

创新方式选择对应题项：T 9、T 10、T 11、T 12

创新资源获取对应题项：T 5、T 6、T 7、T 8

环境动荡性对应题项：T 13、T 14、T 15、T 16、T 17、T 18

创新绩效对应题项：T 1、T 2、T 3、T 4

(上接第 87 页)

$$\begin{aligned}
 (1 - \rho) D e^{-rT_2} \int_{\ln(\bar{V}_t/V)}^+ N(d_1 - \sqrt{T_2 - T_1}) f(u) du &= (1 - \rho) D e^{-rT_2} \times \int_{v^*}^+ N\left(\frac{v + (k_2 - \sqrt{T_2})}{\sqrt{1 - \rho^2}}\right) g(v) dv \\
 &= (1 - \rho) D e^{-rT_2} \times \int_{v^*}^+ N\left(\frac{(k_2 - \sqrt{T_2}) - v}{\sqrt{1 - \rho^2}}\right) g(v) dv \\
 -v^* &= \frac{-\ln(\bar{V}_{T_1}/V) + \mu T_1}{\sqrt{T_1}} = \frac{-\ln(\bar{V}_{T_1}/V) + (rT_1 - \frac{1}{2}\sigma^2 T_1)}{\sqrt{T_1}} \\
 &= \frac{\ln(V/\bar{V}_{T_1}) + (r + \frac{1}{2}\sigma^2) T_1}{\sqrt{T_1}} - \sqrt{T_1} = k_1 - \sqrt{T_1}
 \end{aligned}$$

最后,式 (6) 的第 2 项为

$$(1 - \rho) D e^{-rT_2} \int_{k_1 - \sqrt{T_1}}^{k_2 - \sqrt{T_2}} N\left(\frac{k_2 - \sqrt{T_2} - v}{\sqrt{1 - \rho^2}}\right) g(v) dv = (1 - \rho) D e^{-rT_2} N_2(k_1 - \sqrt{T_1}, k_2 - \sqrt{T_2}; \rho)$$

3 式 (9) 的推导过程

再次运用第 2 项推导的方法得

$$\begin{aligned}
 e^{-rT_1} D \int_{\ln(\bar{V}_t/V)}^+ f(u) du &= e^{-rT_1} D \int_{v^*}^+ g(v) dv = D e^{-rT_1} \int_{k_1 - \sqrt{T_1}}^{k_2 - \sqrt{T_2}} g(v) dv \\
 &= D e^{-rT_1} N(k_1 - \sqrt{T_1})
 \end{aligned}$$

这即为式 (9)。