

# The Risk Measures Base on Expected Losses and the Empirical Study

Yulian FAN

School of Science, North China University of Technology, Beijing, China

Email: fanyulian@ncut.edu.cn

**Abstract:** The author considers the negative payoff sets, and constructs a coherent risk measure based on expected loss. Analyze the credit risks of the corporate debt, we find that the creditor is like selling out a put option under the firm's value. Therefore the credit risk can be put in our risk measure model. We choose several firms trading on Shanghai Stock Exchange to have empirical test, and the result show that the risks calculated by our risk measure are identical with the behavior of the firms. So our risk measure is applicable.

**Keywords:** risk measure; option pricing model; credit risk; newton—raphson iterative algorithm

## 基于预期损失的风险度量及实证研究

范玉莲

北方工业大学理学院, 北京, 中国, 100144

Email: fanyulian@ncut.edu.cn

**【摘要】** 本文证明在未来支付为负的风险资产集合上, 可以构造一个相容性风险度量。分析上市公司负债的信用风险可以看出, 债权方的未来支付状况类似于以公司价值为标的的看跌期权卖方, 因此公司信用风险符合本文的相容性风险度量模型。我们上交所上市公司中随机选取若干公司, 对该模型进行了实证检验, 结果表明本文构造的相容性风险度量预测的风险与公司的真实表现基本一致。

**【关键词】** 风险度量; 期权定价模型; 信用风险; newton - raphson 迭代法

### 1 引言

风险管理在金融领域具有重要地位。恰当地度量风险不但是风险管理的根本, 也是进行投资和定价的基础。

已有的风险度量方法有: 方差法(最早的风险度量), 由芝加哥商品交易所开发的保证金系统 SPAN (Standard Portfolio Analysis of Risk), 以及现在被广泛应用的在险价值 VaR (value at risk) 方法等。但是, VaR 因为其不满足次可加性而受到严重批评<sup>[1]</sup>。不满足次可加性意味着用 VaR 度量出的投资组合的风险可能比其各个资产单独的风险要大(参 Artzner *et al.*<sup>[2]</sup>, Acerbi<sup>[3]</sup>), 因此, 用 VaR 进行风险管理可能会导致投资者没有动力去进行资产组合分散化。另外, VaR 不能将偶然发生的破坏性事件的严重性考虑进来。

Artzner *et al.*<sup>[2]</sup>首次提出相容性风险度量的概念, 后来 Artzner *et al.*<sup>[4]</sup> 和 Delbaen<sup>[5]</sup>对其做了进一步完善。Artzner *et al.*<sup>[4]</sup>构造了两种特殊的相容性风险度量。

其中之一称为尾部条件期望 TCE (tail Conditional expectation), 在特定的假设下, 尾部条件期望是即相容又能被监管者接受的风险度量中最简单的一个。但在一般情况下, TCE 是不相容的(Acerbi and Tasche<sup>[1]</sup> 5.4)。另外一个是与尾部条件期望紧密相关的最差条件期望 WCE (worst conditional expectation)。然而, 尽管 WCE 是相容的, 但它的计算需要拥有整个概率空间的信息, 因此只是在理论分析上有用, 并且因为它要求下确界, 不太容易处理而不令人满意。于是 Uryasev<sup>[6]</sup>和 Pflug<sup>[7]</sup>提出条件在险价值 CVaR 方法, Acerbi *et al.*<sup>[3]</sup>构造了预期不足 Expected Shortfall (ES) 风险度量。在给定水平  $\alpha$  下的 ES 定义为在最差  $100\alpha\%$  下的平均损失。Acerbi and Tasche<sup>[1]</sup>证明 ES 的相容性, 并给出一个近似算法。

以上大部分文献致力于一般情况下的理论分析, 但构造一个适用于一般情况又比较容易计算的相容性风险度量是非常困难的。上面提到的 CVaR 和 ES 尽管是相容性的, 但用它们进行风险度量或者需要特定

的模型假设，或者受所需数据不能直接观测的限制（Bielecki and Rutkowski<sup>[12]</sup>）。我们将构造一个适用于某些情况的风险度量。我们的风险度量不需要对模型做特定假设，也不再受所需数据不能直接观测到的影响。下面先通过以下简单例子阐明我们的主要想法。

考虑一个欧式看涨期权多头和空头头寸的风险。假设欧式看涨期权到期时间为  $T$ ，执行价格为  $K$ ，标的资产  $S$  在到期时刻  $T$  价格为  $S_T$ 。假设总无风险利率为  $r$ 。在时刻  $T$ ，如果  $S_T > K$  期权买方有权执行期权获得收益  $S_T - K$ ，否则，期权将不被执行。因此，期权买方在时刻  $T$  没有损失风险，只是在初始时刻需要付期权费。然而，对期权卖方来说，情况则不同。在  $T$  时刻，如果买方选择执行期权，他就必须面对损失  $S_T - K$ 。因此期权卖方持有有一个风险头寸。期权卖方在  $T$  时刻的支付是  $-(S_T - K)^+$ ，对应地，他的损失为  $(S_T - K)^+$ 。我们用期权卖方损失的折现期望，即  $E[e^{-rT}(S_T - K)^+]$  来衡量他所持头寸的风险。

以上风险度量具有以下特点：

1) 根据<sup>[4]</sup>“过去的便过去了 (bygones are bygones)”原则，我们只考虑资产的将来支付，而不考虑其初始花费。

2) 它用“平均损失度量风险”，其中“损失”指负支付。

3) 这里的风险度量函数即为期望函数，显然满足相容性四公理。但我们对风险资产集的要求是它只包含负值随机变量，即只有损失的可能的风险资产。这一限制看上去似乎很严格，但从以上期权的例子及后续讨论我们可以看到，如果我们只考虑资产未来的支付情况而不考虑其初始花费的话，的确存在一大类这种情况。

4) 我们的风险测度有明显的金融意义。

5) 我们定义的风险测度的优点是可以利用现有的一些完善的工具计算它。

本文组织如下。第二节给出我们的风险度量的定义，并给出计算方法。第三节用我们定义的风险度量去预测上市公司信用风险，实证检验结果表明我们的度量结果与公司表现基本一致，说明我们的风险度量是有效的。

## 2 基于预期损失的风险度量

本节我们将构造一个风险度量。我们的主要思想是用“平均损失（期望损失）”度量风险。定义风险资产集合  $G$  满足  $G = \{X : X \leq 0, a.s.\}$  这意味着  $G$  中风险

资产只有损失的可能。这看上去似乎让人难以接受，有这样的资产吗？答案是肯定的。既然我们遵循“过去的就过去了”原则，只考虑资产未来的支付，不考虑它的初始花费。我们将用欧式看涨期权卖方所面临的风险作为例子阐述我们的方法。后续研究中我们将说明我们构造的风险度量适用的情况在现实中普遍存在并且很重要。

Tasche<sup>[11]</sup>给出风险度量的定义如下。

定义 2.1 (风险度量). 设  $(\Omega, F, P)$  为一概率空间， $V$  为该概率空间上的非空  $F$  可测实值随机变量集，则任一映射  $\rho: V \rightarrow R$  称为一个风险度量。

因此，我们可以构造集合  $G$  上的风险度量。我们在引言中已分析了欧式看涨期权买卖双方期权到期时刻的支付情况。对期权买方来说，他相当于持有有一个支付为  $(S_T - K)^+$  的风险资产，因此没有损失。而对期权卖方来说，他相当于持有有一个支付为  $X = -(S_T - K)^+$  的风险资产，因此损失为  $-X = (S_T - K)^+$ 。所以，期权卖方只有损失的可能。我们用期权卖方损失的折现期望来度量其持有资产的风险。即，定义风险度量函数  $m: G \rightarrow R$  为

$$m(X) = E[-e^{-rT} X] = E[-e^{-rT} (S_T - K)^+] \quad (2.1)$$

同样道理，对欧式看跌期权买方来说，他在到期时刻损失为 0，而期权卖方损失为  $X = (K - S_T)^+$ ，在我们的风险度量下，风险大小为  $E[-e^{-rT} (K - S_T)^+]$ 。

我们的风险度量适用的情况是很多的。比如，在决定是否贷款给一个企业或个人时，银行要做信用风险评估。他们可以用我们的风险度量，如下例所示。

我们考虑公司债务信用风险。假设考虑的时间区间是  $[0, T]$ 。一个公司在时间 0 需要一笔资金  $k$  建设一个新项目。如果能得到这笔资金，公司的资产价值过程将为一随机过程  $(V_t)_{0 \leq t \leq T}$ 。在决定是否贷款给这家公司之前，银行需要对这笔贷款的信用风险进行度量（评估），即公司能否在贷款到期时刻  $T$  归还贷款本息  $K$ 。我们假设公司违约只可能发生在时间  $T$ ，并且除了这笔贷款公司没有其它债务。那么银行所面对的风险状况与欧式看跌期权卖方相似。如果在时刻  $T$  公司价值大于  $K$ ，即  $V_T \geq K$ ，银行可收回其贷款本息  $K$ 。否则， $V_T < K$ ，银行只能得到  $V_T$ 。银行在时刻  $T$  相当于持有价值为  $\min(V_T, K) - K \in G$  的风险资产，也就意味着其损失为  $\max(K - V_T, 0)$ 。假设得到贷款后公司的资产价值过程  $(V_t)_{0 \leq t \leq T}$  服从以下几何 Brownian 运动：

$$dV_t = \alpha_V V_t dt + \sigma_V V_t dW_t, V_0 = V,$$

其中  $V$  为公司总价值,  $\alpha_V$  为  $V$  的预期连续回报率,  $\sigma_V$  为公司价值波动率,  $W_t$  为标准 Brownian 运动。由 Black-Scholes 公式, 我们可以得到风险度量的显式表达式。这是我们模型的优点。于是, 贷款的信用风险为

其中  $N(\cdot)$  为标准正态分布累积分布函数,

$$d_1 = \frac{\ln(V/K) + (r + \sigma^2/2)T}{\sigma\sqrt{T}},$$

$$d_2 = \frac{\ln(V/K) + (r - \sigma^2/2)T}{\sigma\sqrt{T}} = d_1 - \sigma\sqrt{T}.$$

如果企业价值能够观测到, 根据观测值我们可以得到上述公式中的参数, 从而得到预期损失。但是, 企业价值一般不能直接观测到。不过企业股票价格是可以获得的。因此, 我们可以通过以下方法得到企业价值以及相关参数。对该企业股东来说, 从银行贷款相当于购买了一个以企业价值为标的的看涨期权。如果企业价值高于  $K$ , 即  $V_T \geq K$ , 股东得到收益  $V_T - K$ , 反之,  $V_T < K$ , 股东收益为 0。KMV-Merton 模型给出企业价值与企业市场价值 (股票价值) 的关系。该模型基于以下两个重要假设。第一个是, 企业价值及企业市场价值分别服从几何 Brownian 运动。第二个假设是公司只发行了一支  $T$  时刻到期的折现债券。针对我们所讨论的信用风险度量问题, 我们将第二个假设改为公司只有一笔银行贷款, 没有其它债务。在这些假设下, 企业市场价值为以企业价值为标的, 执行价格为  $K$ , 到期时间为  $T$  的看涨期权。由 Black-Scholes 公式,

$$E = VN(d_1) - Ke^{-rT}N(d_2) \quad (2.3)$$

KMV-Merton 模型中有两个重要公式, 第一个是 Black-Scholes 公式(2.3), 将企业市场价值表示为企业价值和债务的函数。第二个公式给出企业价值波动率和企业市场价值波动率之间的关系。由 Merton 模型的假设, 企业市场价值是企业价值和时间的函数, 因此由  $It\hat{o}$  公式直接可得

$$\sigma_E = \frac{V}{E} \frac{\partial E}{\partial V} \sigma_V$$

其中,  $\sigma_E$  为企业市场价值的波动率。在

Black-Scholes 公式中, 已知  $\frac{\partial E}{\partial V} = N(d_1)$ , 因此, 企业市场价值与企业价值的波动率满足以下关系

$$\sigma_E = \frac{V}{E} N(d_1) \sigma_V \quad (2.4)$$

通过 Newton-Raphson 方法解方程组(2.3), (2.4), 可以解得企业价值  $V$  及其波动率  $\sigma_V$ 。代入方程(2.2)可以得到预期损失。

企业债的风险度量也可以放入我们的框架。如果企业在时刻 0 需要资金  $k$  开始新的项目或满足其它资金需求, 企业选择发行面值为  $K$  的零息票企业债。获得资金后, 企业价值过程为  $(V_t)_{0 \leq t \leq T}$ 。假设企业债只可能在时刻  $T$  出现违约风险且除企业债公司没有其它负债。则如果到  $T$  时刻企业价值高于债券面值, 即  $V_T \geq K$ , 则债券持有人得到  $K$ , 否则,  $V_T < K$ , 债券持有人只能得到  $V$ 。债券持有人在  $T$  时刻的风险为  $\min(V_T, K) - K \in G$ , 对应的损失为  $\max(K - V_T, 0)$ 。因此, 企业债持有人和公司通过贷款融资情形下的银行面对同样的信用风险。

本节, 我们用一个简单的例子介绍我们进行风险度量的思路并构造了一个相容性风险测度。我们构造的风险测度的缺点是它只能用来度量未来支付为负的风险资产的风险。我们方法的优势有以下两点: 第一是风险度量公式恰为欧式期权定价公式, 已有显式解; 第二是对企业价值及其波动率等不能观测到的量, 我们可以通过解一对非线性方程组获得数值解, 企业价值及其波动率不能观测到一直是许多风险度量及风险管理模型的缺点。

### 3 实证结果

本节, 我们将从在上海证券交易所上市的公司中随机抽取若干个公司, 选定一段时间, 用我们构造的风险度量预测这段时间末公司的信用风险。我们将看到用我们的模型预测的预期损失与公司的实际表现是一致的。因此, 我们的模型是适用的。

#### 3.1 数据选择

从在上海证券交易所上市的公司中我们随机抽取以下几个公司: 大唐电信(股票代码 600198), ST 华龙(股票代码 600242), 华能国际(股票代码 600011), 华业地产(股票代码 600240), 上海航空(股票代码 600519), 中铁二局(股票代码 600528), 海油工程(股票



代码 600583), 马钢股份(股票代码 600808)。

为检验我们构造的风险度量, 我们需要知道企业市场价值及其波动率, 无风险利率, 企业债务及债务到期时间。

选择 2005 年一年作为考虑的时间区间。我们的模型假设企业只有一笔贷款。但对大多数企业来说这是不可能的, 企业一般都会有不同数量和不同期限的若干笔贷款。我们取企业在 2005 年初的总债务(短期贷款和长期贷款之和)作为企业的贷款额, 即模型中的  $k$ 。那么 2005 年末, 如果企业运营状况良好, 它将能够及时归还短期贷款, 长期贷款不受影响。反之, 如果企业运营状况不好而宣布破产, 短期贷款和长期贷款将都会有违约风险。因此, 企业一旦破产, 他应该偿还的贷款本息  $K$  可用  $k \times e^{1 \times \text{年期贷款利率}}$  近似。

从上海证券交易所网站上, 我们可以获得上市公司的定期报告。以大唐电信为例。其在 2005 年初债务为 4108943179.12 元, 2005 年的一年期贷款利率大约为 6%。如果到 2005 年末公司经营状况良好, 短期贷款将能按时还款, 长期贷款不受影响, 反之, 如果企业经营状况不好导致破产, 短期和长期贷款银行都会有一定损失, 此时的应还贷款总额为  $4108943179.12 \times e^{0.06} = 4363026035$ 。

大唐电信股价在 2005 年初大约为 11 元/股, 总股本为 438986400 股, 因此大唐电信在 2005 年初的市值为 4828850400 元。

我们用一年期国债利率作为无风险利率。从上海证券交易所网站可查到 2005 年一年期国债利率为 1.14%。

我们需要的最后一个参数是 2005 年企业市场价值的波动率。如果总股本没有变化, 企业市场价值的波动率等于股票价格波动率。按照我们的模型, 取 2005 年 1 月 1 日为初始时刻 0, 在随后的一年中股票价格遵循几何 Brownian 运动

$$dS_t = \alpha_s S_t dt + \sigma_s S_t dW_t, S_0 = S$$

我们用 2004 年股价波动率作为 2005 年股价波动率的预测值。设  $(S_i)_{i=1}^N$  为 2004 年每个交易日股票收盘价, 则  $\mu_i = \ln \frac{S_i}{S_{i-1}}$  为股票第  $i$  个交易日的对数回报率。因此, 我们可以得到  $\mu_i$  的标准差的估计值  $s = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (\mu_i - \bar{\mu})^2}$ , 则股价波动率  $\sigma_s$  的估计值为  $\hat{\sigma} = \frac{s}{\sqrt{\tau}}$ , 其中  $\tau$  为以年为单位的时间间隔, 即  $\tau = \frac{1}{N}$  (Hull9(2004))。我们从 <http://finance.yahoo.com.cn> 获得股价历史数据, 通过上面的计算过程得 2004 年大

唐电信的股价估计波动率为 0.502679。我们将其作为大唐电信 2005 年的股价波动率。

同样的方法, 我们得到其它几个企业的所有相关数据。因为 ST 华龙和 ST 上航在分析时间段内股票简称为华龙集团和上海航空, 所以文章中我们也将其称为华龙集团和上海航空。其中, 华龙集团为另外 11 家公司债务提供连带责任担保, 且贷款已逾期, 共计 275,800,000 元。这些企业已无力偿还贷款, 华龙集团应为这些贷款负责。因此, 到 2005 年末, 华龙集团总的还款额应为  $(516,227,850.89 + 275,800,000) \times e^{0.06} = 841004118$  元。另外, 因为华能国际在 2005 年 7 月 5 号发行了 2,000,000,000 元的公司债, 不符合模型假设, 因此我们删除华能国际。其它数据如下表 1 所示。

Table 1. The basic data  
表 1. 基本数据

	E	$\sigma_E$	$K^1$
大唐电信	4038986400	0.5027	4355479770
华龙集团	435074563	0.4291	889921940
华业地产	717500000	0.3222	189485600
上海航空	7029750000	0.5684	6275036563
中铁二局	2091000000	0.3069	4024605965
海油工程	5940000000	0.3820	915967200
马钢股份	32276500000	0.3770	14786260430

表 1 中 E 代表 2005 年初企业市场价值,  $\sigma_E$  为 2005 年企业市场价值波动率的预测值(采用 2004 年估计波动率), 因为总股本没有变化, 因此市场价值波动率等于股价波动率。 $K^1$  代表 2005 年末公司债务,  $r^1$  为一年期无风险利率,  $T^1$  为以年为单位衡量的时间区间。

### 3.2 实证检验

用 MATLAB 编程, 通过 Newton-Raphson 迭代法解以下非线性方程组可求的企业价值 V 及其波动率

$$\sigma_V E = VN(d_1) - Ke^{-rT} N(d_2) \tag{2.3}$$

$$\sigma_E = \frac{V}{E} N(d_1) \sigma_V \tag{2.4}$$

仍以大唐电信为例。大唐电信的参数 E,  $\sigma_E, K^1, r^1, T^1$  如表 1 所示, 给 V 和  $\sigma_V$  赋初值分别为  $V^0 = 8000000000, \sigma_{V,0} = 0.2$ , 容忍误差设置为  $1.0e-8$ , 迭代 30 次, 可解得  $V^1 = 9133800941.37, \sigma_{V,1} = 0.26617$ 。

将其代入风险度量  $m$  中可得大唐电信 2005 年末长期负债和短期负债的预期损失折现到 2005 年初的值为

$$m(\min(V_T, K) - K) = E[e^{-rT} (K - V_T)^+] \\ = Ke^{-rT} N(-d_2) - VN(-d_1) = 1144581.$$

用同样的方法, 我们可得其它公司的企业价值, 波动率及预期损失, 列在表 2 中。

**Table 2. The firms' values, their volatilities and the expected losses**  
**表 2. 企业价值, 波动率及预期损失**

	$\sigma_{V^0}$	$V^1$	$\sigma_{V^1}$	$m^1$
大唐电信	0.2	9133800941	0.2662	1144581
华龙集团	0.2	1352040092	0.1659	81252
华业地产	0.2	904837730	0.2555	0
上海航空	0.2	13228145078	0.3033	5466155
中铁二局	0.2	6069982179	0.1057	3715
海油工程	0.2	6845584468	0.3315	0
马钢股份	0.2	46895149360	0.2595	4733

表中  $V^0, \sigma_{V^0}$  为进行迭代运算前我们给  $V^1$  和  $\sigma_{V^1}$  赋的初值。  $V^1$  和  $\sigma_{V^1}$  为解非线性方程组得到的企业价值和波动率。  $m^1$  为预期损失。

表 2 中的预期损失为预期损失的绝对数量。而企业贷款的数量不同, 因此预期损失的绝对数量并不能完全表示风险的大小。为了能在不同企业之间作比较, 我们应该时考虑企业债务额。因此, 我们定义预期损失率为  $m^1/K^1$ , 即每一元人民币贷款的预期损失。我们还可计算出损失发生的概率, 即 1 年后企业价值低于负债的概率

$$P(V^1(T^1) < K^1) = 1 - P(V^1(T^1) \geq K^1) = N(-d_2)$$

表 3 列出各个公司的预期损失率及损失发生的概率。

**Table 3. The expected loss rates and the probabilities**  
**表 3. 预期损失率及损失发生概率**

	$\sigma_{V^1}$	$m^1$	$m^1/K^1$	$N(-d_2)$
大唐电信	0.2662	1144581	0.026270%	0.350000%
华龙集团	0.1659	81252	0.010000%	0.210000%
华业地产	0.2555	0	0.000000%	0.000000%
上海航空	0.3033	5466155	0.087100%	0.950000%
中铁二局	0.1057	3715	0.000092%	0.000405%
海油工程	0.3315	0	0.000000%	0.000000%
马钢股份	0.2595	4733	0.000032%	0.000064%

从表 3 可以看出, 华龙集团, 大唐电信, 和上海航空的预期损失, 预期损失率和损失可能发生的概率都明显处于最高水平, 中铁二局和马钢股份的这三个值都处于中等风险水平, 而华业地产和海油工程的预期损失率和损失可能发生的概率都几乎为 0, 因此基

本没有风险。

下一步, 我们用历史数据检验我们的预测结果。从上海证券交易所可以得到企业定期报告。因此我们可以从报告中找到相关数据计算企业偿债能力指标: 流动比率, 速动比率和现金比率。如表 4 所示。

**Table 4. The expected loss rates and the probabilities**  
**表 4. 偿债能力指标**

	流动比率	速动比率	现金比率
上海航空	54.77%	42.07%	15.34%
大唐电信	116.51%	73.84%	11.92%
华龙集团	1.99%	1.98%	0.08%
中铁二局	117.74%	75.22%	23.72%
马钢股份	104.27%	56.04%	30.32%
海油工程	141.43%	110.35%	57.35%
华业地产	176.58%	69.74%	64.53%

表 4 中, 为方便分析我们根据预期损失水平重新排列了企业次序。前三个企业为预期损失和预期损失率都明显处于最高水平的企业。从后面我们计算的偿债能力指标可以看出, 这三个企业的偿债能力指标明显偏低, 说明其偿债能力很低。中铁二局和马钢股份的预期损失和预期损失率处于中等水平。考虑到中铁二局的主营业务为各类工业、交通、民用等工程项目施工的承包, 而马钢股份的主营业务是钢产品的生产和销售, 这两个企业的流动比率、速动比率和现金比率的正常水平应该偏低。因此, 中铁二局和马钢股份的债务的预期损失和预期损失率与其偿债能力指标也基本一致。海油工程和华业地产债务的预期损失和风险比率均为 0, 从其 2005 年年报上数据得到的偿债能力指标也处于较高水平。这说明我们的的风险度量模型能较准确地预测企业债务的信用风险所处的等级。

再来看表 3 中数据, 其中预期损失率和损失发生的概率都很低, 尤其是损失发生的概率  $N(-d_2)$  都在 1% 以下, 在统计学中属于不会发生的事件。尽管这与实际现象比较吻合: 一般情况下, 运营正常的公司在一年内几乎不可能破产, 但这使得我们得到的实证结果在一定意义下失去实用价值。因此, 我们延长预测时间区间至 2 年。从上海证券交易所查到 2005 年发行的 2 年期国债利率大约为 1.58% (05 国债(7)), 从中国人民银行网站上可查到 2004—2006 年期间 2 年期贷款利率仍近似为 6%。我们还需要各个企业 2005—2006 股价波动率的预测值, 为使模型尽量准确, 应该使用 2003—2004 各个企业波动率的估计值作为该预测值。

通过 Newton-Raphson 迭代法解非线性方程组可求的企业价值  $V^2$  及其波动率  $\sigma_{V^2}$ ，并进一步得到预期损失  $m^2$ ，预期损失率  $m^2/K^2$ ，损失发生的概率  $N'$ ，如表 5 所示。

**Table 5. The compare of the expected loss rates and the repayment capability indicators**

**表 5. 预期损失率与偿债能力指标的比较**

	$m^2$	$m^2/K^2$	流动比率	速动比率	现金比率	$N'$
大唐电信	8601457	0.1860%	95%	65%	14%	2.97%
上海航空	63921903	0.9610%	45%	42%	15.34%	6.59%
华龙集团	4332701	0.5160%	0.6%	0.6%	0.08%	8.37%
中铁二局	542798	0.0130%	109%	69%	18%	0.38%
马钢股份	2161691	0.0140%	101%	49%	33%	0.17%
海油工程	2392	0.0000%	104%	55%	35%	0
华业地产	250	0.0000%	175%	37%	16%	0

从表 5 可以看出，当时间区间延长为 2 年时，预期损失，预期损失率都大大增加，明显地将公司分为三个风险等级，并与表 4 一致。公司所处的风险水平与我们从其 2006 年年报上得到的偿债能力指标相符。更重要的是，最后一列所计算出的损失发生概率大大提高，且不同风险水平的损失发生概率区别显著。

进一步分析表中三个风险最高的公司可以看出，华龙集团的风险应该高于大唐电信和上海航空。实际上，从 2005 年年报可以看出，华龙集团到 2005 年末经营状况已经非常糟糕，累计损失达到 623,839,600 元，股东权益为 -262,841,700 元，逾期贷款达 134,200,000 元。而到 2006 年末，华龙集团累计损失达到 737,143,400 元，股东权益为 -366,392,200 元，借款 190,200,000 元且大部分逾期。这意味着华龙集团已经没有能力偿还贷款，至少不能按时偿还。尽管大唐电信和上海航空 2005 年净利润均为负值，但股东权益为正，也没有逾期贷款。因此，这两个公司的财务状况要好于华龙集团。但用我们的风险度量计算出来的华龙集团的预期损失，预期损失率和损失发生概率均没有明显高于大唐电信和上海航空。我们认为可能有以下原因。第一，我们计算出的华龙集团 2004 年的股价波动率低于大唐电信和上海航空，分析原因之一可能是华龙集团在 2004 年末利润已经出现下滑，并出现一定财务问题，投资者对其信心大跌，其股价一直处于跌势没有反弹导致股价波动率不高。第二，中国的

金融市场还不够完善，对交易的限制较多，也会的数据如股票价格序列产生一定影响导致实证结果与理论不太相符。第三，众所周知，负债率越高，违约风险越大。但由计算过程发现，我们的风险度量模型中，负债率提高会降低企业价值的波动率从而降低预期损失。因此，要对我们的模型做改进，提高负债率的重要性是可以考虑的一方面。

## 4 结论

近几年对风险度量理论的研究热点之一是“一个有效的风险度量应该满足哪些条件？”。Artzner et al.(1997)提出相容性风险度量的概念，指出用相容性风险度量预测风险的合理性。但能够用于一般情况的相容性风险度量并不多。Acerbi and Tasche(2002)虽已在理论上证明 ES 是一个相容性风险度量，其实证研究还不多。本文在风险头寸的将来支付为负这种情况下构造了一个相容性风险度量。现实中很多情况都符合这种情况，尤其是信用风险度量。我们的风险度量以期权定价公式为基本工具，有现成的计算公式易于计算。另外，对信用风险度量中很多模型因为企业价值及其波动率不能观测而一直不能应用的问题，我们也能够很好地解决。

我们从上海证券交易所随机抽取了几个公司，以 2005 年初为时间区间起点，用起点及历史数据分别预测了企业债权方 2005 年末和 2006 年末信用风险。然后用企业实际表现检验我们的风险度量。通过第 3 节的结果，我们发现用我们的风险度量预测出的风险与企业的实际表现基本一致，因此，我们的风险度量是适用的。

## References (参考文献)

- [1] Acerbi, C., Tasche, D., On the coherence of expected shortfall. *Journal of Banking and Finance* 2002, 26: 1487–1503.
- [2] Artzner, P., Delbaen, F., Eber, J.-M. and Heath, D., Thinking coherently, *Risk*, 1997, 10: 68–71.
- [3] Acerbi, C., Nordio, C., Sirtori, C., Expected shortfall as a tool for financial risk management. 2001, Working paper.
- [4] Artzner, P., Delbaen, F., Eber, J.-M., and Heath, D., Coherent measures of risk. *Mathematical Finance*, 1999, 9: 203–228.
- [5] Delbaen, F., Coherent Risk Measures. Lectures given at the Cattedra Galileiana at the Scuola Normale di Pisa, March 2000, Published by the Scuola Normale di Pisa, (2002)
- [6] Uryasev, S., Conditional value-at-risk: Optimization algorithms and applications. *Financial Engineering News*. 2000, 2 (3).
- [7] Pflug, G., Some remarks on the value-at-risk and the conditional value-at-risk. In: Uryasev, S. (Ed.), *Probabilistic Constrained Optimization: Methodology and Applications*. 2000, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- [8] Albrecht, P., Normal and Lognormal Shortfall Risk. In

- Proceedings, 3rd AFIR International Colloquium, Rome, 1993, 2: 417–430.
- [9] Bassi, F., Embrechts, P., and Kafetzaki, M.. Risk Management and Quantile Estimation; in Practical Guide to Heavy Tails, R. Adler, R. Feldman, and M. Taqqu, eds. 1998, Boston: Birkhäuser.
- [10] Embrechts, P., A Survival Kit to Quantile Estimation, UBS Quant Workshop. 1995 Zürich.
- [11] Tasche, D.. Expected shortfall and beyond. *Journal of Banking and Finance*, 2002, 26: 1519–1533.
- [12] [TR Bielecki, M Rutkowski-Credit risk: modeling, valuation and hedging, Springer, Berlin, 2002.
- [13] Hull, J., *Options, Futures, and Other Derivatives*. Prentice Hall, 2008.