

现代信用风险度量模型 剖析与综合比较分析

朱小宗,张宗益,耿华丹

(重庆大学 经济与工商管理学院,重庆 400044)

摘要:文章首先从多方面剖析了当前比较著名的现代信用风险度量模型,并进行范式比较和实证比较,发现建模方法的不同,预测的效果也相差较大,最后对这些模型作出了较为客观的评价。

关键词:现代信用风险度量模型;剖析;范式比较;实证比较;评价

中图分类号:F224.7;F830.5 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-9952(2004)09-0033-14

一、引言

在信用风险测量方面,《新巴塞尔资本协议》推荐使用内部评级法(Inner ratings-based approach, IRB),它有两个版本,一是基础内部评级法(Foundation IRB approach);二是高级内部评级法(Advanced IRB approach)。内部评级法提出4个主要参数,分别是违约概率(Probability of Default, PD)、违约下的损失率(Loss of Given Default, LGD)、违约暴露(Exposure at Default, EAD)及期限(Maturity, M);基础内部评级法要求比较简单,银行只需计算违约概率,其余只要依照监管机构的指引即可,实施比较容易。高级内部评级法相对复杂得多,银行需要自行计算上述4项参数。在确定了主要参数以后,就可以计算预期损失(Expected Loss, EL)、非预期损失(Unexpected Loss, UL)、经济资本(Economic Capital, EC)。

在这种对风险资本的严格要求下,同时由于1990年代里,公司倒闭的结构性增加、脱媒效应的显现、竞争的白热化、担保能力的下降、金融衍生品的急剧膨胀、信息技术的飞速发展等因素促使人们加强对信用风险的研究。正是

收稿日期:2004-06-23

作者简介:朱小宗(1974—),男,湖北随州人,重庆大学经济与工商管理学院博士生;

张宗益(1964—),男,贵州松桃人,重庆大学经济与工商管理学院教授,博士生导师;

耿华丹(1979—),女,辽宁复兴人,重庆大学经济与工商管理学院。

在这个时期,涌现出信用监测模型、信用度量术、死亡率模型、信用风险附加法模型、信贷组合观点、贷款分析系统等现代信用风险度量模型。这些模型在国际上大型商业银行得到广泛应用,其中一些重要思想和方法已写入《新巴塞尔协议》,突出了这些模型对国际银行业信用风险度量与管理的重要性,而有些模型尚未完全“解密”,它们的建模方法有何不同,在我国实际应用效果如何等等问题尚需深入研究,这正是本文研究的问题,以此希冀能够为建模度量我国借款人的信用风险提供理论和方法上的重要参考。

二、现代信用风险度量模型剖析

(一)信用监测模型(Credit Monitor Model)。1993 年,KMV 公司利用布莱克—斯科尔斯—莫顿模型(BSM Model)提出了著名的信用监测模型(Credit Monitor Model),并经 Longstaff 和 Schwarz(1995)、Dsa(1995)和 Zhou(1997)作了进一步的发展,现已基本成熟并成为当今世界最为著名的信用风险度量模型之一。

1. 模型假设。(1)满足 BSM 模型的基本假设,即公司股票价格是个随机过程、允许卖空、没有交易费用和税收、证券可分性、不存在套利机会、证券交易的连续性、无风险利率在借款人还清债务前保持不变;(2)借款人资产价值大于其债务价值时,借款人不会违约;反之,借款人资产价值小于其债务价值时,借款人就会违约;(3)企业市场价值服从布朗(Brown)运动,并且借款人资产收益服从正态分布;(4)假设借款人资本结构只有所有者权益、短期债务、长期债务和可转化的优先股。

2. 模型设定与参数估计。根据企业市场价值服从布朗(Brown)运动的假设:

$$V_T = V_t \mu dt + V_t \sigma_v dz_t \quad (1)$$

其中: V 为借款人资产市场价值; μ 为借款人资产期望回报率; σ_v 为借款人资产市场价值比例变化的波动率,实际上也是资产回报率的波动率; t, T 为债务现在时点和到期日,且有 $\tau = T - t$; $z_t \sim N(0, t)$ 。

KMV 模型主要分析违约概率,PD 是建立在违约距离 DD(Distance to Default)基础之上的,违约距离是企业资产市场价值的预期值与违约点 DP(Default Point)的差值对企业资产市场价值回报率波动率与资产市场价值乘积的倍数,并定义:

$$DP = \text{企业短期债务价值} + 0.5 \times \text{企业长期债务价值} \quad (2)$$

由于假设企业市场价值服从布朗运动,即有:

$$V_T = V_t \exp[(\mu - 0.5\sigma_v^2)\tau + \sigma_v \sqrt{\tau} \cdot z_\tau] \quad (3)$$

由于该模型假设借款人资产价值小于债务价值就算违约,所以违约率为:

$$PD = \Pr[V_T < (DP)_T] = \Pr[\ln V_t + (\mu - 0.5\sigma_v^2)\tau + \sigma_v \sqrt{\tau} \cdot z_\tau \leq \ln(DP)_\tau]$$

$$=N(-d) \quad (4)$$

其中, $d = \frac{\ln[V_1/(DP)] + (\mu - 0.5\sigma_V^2)\tau}{\sigma_V \sqrt{\tau}}$; $N(\cdot)$ 为正态分布下的累计概率,

其反函数表示为 $N^{-1}(\cdot)$ 。

对历史数据统计可以得出债券/贷款违约下的平均损失率 $E(LGD)$ 及其方差 σ_{LGD}^2 , 由于该模型的高级版假设 LGD 服从贝塔(Beta)分布, 根据损失率的均值和方差可以计算出贝塔分布的参数, 这样就可以用式(5~7)计算在一定置信水平 α (如 99%) 下的某一债务/贷款损失。

$$EL = EAD \cdot PD \cdot E(LGD) \quad (5)$$

$$EC = EAD \cdot PD \cdot \beta^{-1}(\alpha) \quad (6)$$

$$UL = EC - EL \quad (7)$$

$\beta^{-1}(\cdot)$ 为贝塔分布函数的反函数。

3. 监测模型的优势和缺陷。优势: (1) 它拥有强大的理论基础, 即现代公司理财和期权理论的“结构性模型”; (2) 它采用的主要是股票市场的数据, 因此, 数据和结果更新很快, 具有前瞻性; (3) 它可以用于任何公开招股公司。

缺点: (1) 假设比较苛刻, 尤其是资产收益分布实际上存在“肥尾”(fat-tailedness) 现象, 并不满足正态分布假设; (2) 对于非上市公司, 不得不采用历史财务数据, 数据的时效性大打折扣; (3) 没有根据借款人信用品质、担保情况、可转换性等区分长期债券; (4) 它是违约式(Default-Mode, DM) 模型, 对企业的杠杆比率捕捉钝化, 具有静态性; (5) 不能处理非线性产品, 如期权、外币掉期。

(二) 信用度量术(CreditMetrics)。1997年, J. P. 摩根联合当时世界一流银行和 KMV 公司共同开发出信用度量术(CreditMetrics), 采用二阶段法度量信用风险, 此后, A. Nyfeler(2000)、Lawrence R. Forest 和 Kpmecpeat Marwick(2000), David Jones 和 John Mingo(2001) 对此作了进一步解释和拓展, 现已基本成熟并成为当今世界最为著名的信用风险度量模型之一。

1. 模型假设。(1) 债券未来市场价值和风险完全由其远期利率分布曲线决定, 在模型中, 惟一的变量是信用等级; (2) 信用等级是离散的, 在同一级别的债券具有相同的迁移矩阵和违约概率, 迁移概率遵循马尔可夫过程, 同时迁移概率具有稳定性, 且实际违约概率等于历史违约概率; (3) 风险期限是固定的, 一般为一年; (4) 不同债务人的信用等级的联合分布是用两者资产回报率联合分布来估计的, 资产回报率的联合分布又用所有者权益收益率的联合分布来代替; (5) 每个信用等级对应一条零息票收益率曲线; (6) 违约的含义不仅指债务人到期没有偿还债务, 还可指债务人信用等级的下降所导致的债券市场价值下跌, 并且违约事件发生在债务到期。

2. 模型设定与参数估计。为了阐述方便, 本文仅对单一债券的违约概率

进行分析,假定债券持续期限为 n (用 k 表示期限),债券等级划分为 m 等(用 j 表示信用等级),且计算第一年的信用风险值。根据不同信用等级历史违约概率和利率预期理论,计算出信用等级为 j 的债券第 k 年零利率收益率 y_{jk} ,这样就可以将债券的票息和本金折算为债券现值 P_j ,就是:

$$P_j = \sum_{k=1}^n [M_{jk} / (1 + y_{jk})^k] \quad (8)$$

M_{jk} 为债券 j 第 k 年净现金流量。根据历史信用等级迁移概率计算出该信用等级的迁移概率 c_j ,则债券第一年末的期望价值和方差分别为:

$$E(P) = \sum_{j=1}^m P_j c_j \quad (9)$$

$$\sigma_P^2 = \sum_{j=1}^m P_j^2 c_j - [E(P)]^2 \quad (10)$$

该模型计算债券价值的损失有两种方法:(1)基于债券价值服从正态分布的假设。在这种情况下,信用等级为 j 的债券的预期损失就是债券现值 P_j 与债券的期望价值 $E(P)$ 的差额;再根据债券价值变化的标准差 σ_{LGD} ,用式(11)计算债券在置信水平为 α 下的非预期损失,从而得出经济资本。

$$UL = N^{-1}(\alpha) \cdot \sigma_P \quad (11)$$

(2)基于债券价值的实际分布。在这种情况下,需要采用蒙特卡罗方法和 VaR 技术,即要累加该债券向最差的信用等级迁移的概率,直到等于或者近似等于给定的 $(1-\alpha)$,此时可以得到与此对应的债券价值,该值与债券的期望价值之差就是 VaR 值,即可求出该债券应该所需的经济资本。

3. 信用度量术的优势与劣势。优势:(1)对组合价值的分布有正态分布假定下的解析方法和蒙特卡罗模拟法(Monte Carlo Simulation),在一定程度上避免了资产收益率正态性的硬性假设,可以用资产价值分布和百分位求出资产损失;(2)对“违约”的概念进行了拓展,认为违约也包括债务人信用等级恶化;(3)它是一种盯市(Market-to-Market, MTM)信用风险度量模型,能将债务价值的高端和低端考虑到;(4)该模型适用范围非常广泛,包括传统的商业贷款、信用证和承付书、固定收益证券、贸易融资和应收账款等商业合同,而其高级版的信用风险度量术还能够处理掉期合同、期货合同及其他衍生产品;(5)该模型提出了边际风险贡献的概念,很好地刻画新增一笔债券/贷款的风险和收益及其取舍方法。

劣势:(1)大量证据表明信用等级迁移概率并不遵循马尔可夫过程,而是跨时自相关的;(2)信用等级迁移矩阵未必是稳定的,它受到行业、国家因素、周期因素等影响;(3)贷款合约与债券在担保、合约条件上有很大不同,对此评价贷款的损失有一定的困难。

(三)死亡模型(Mortality Model)。Edward I. Altman 和 Suggitt、Kishore

在 1997 年开发出债券的边际和累计死亡率表,俗称死亡率模型。

1. 模型假设。(1)各债券违约相互独立,即不存在相关效应和连锁反应,但相同信用等级的债券违约情况相同;(2)不同债券类型的违约下的损失率不同且相互独立,但同一债券类型的违约下的损失率基本相同;(3)不考虑宏观经济环境对死亡率的影响。

2. 模型设定与参数估计。定义:边际死亡率 MMR(Margin Mortality Rate)。MMR(t)=在 t 年违约债券的总值/第 t 年初样本中债券的总值,则:

$$CMR(\tau) = 1 - \prod_{t=1}^{\tau} (1 - MMR(t)) = 1 - \prod_{t=1}^{\tau} SR(t) \quad (12)$$

$$\sigma_{MMR} = \sqrt{MMR_i(1 - MMR_i)/N} \quad (13)$$

其中:CMR(τ)为在 τ 时间段内的累计死亡率(Cumulative Mortality Rate); σ_{MMR} 为边际死亡率的波动率;N 为统计计算 MMR_i 所用的数据样本;SR(t)为第 t 年的样本存活率(Survival Rate),SR(t)=1-MMR(t)。

在此模型中,累计死亡率相当于违约概率 PD,再根据历史数据统计出的不同信用等级的债券的 LGD 及其方差,采用蒙特卡罗方法和 VaR 技术计算债券损失。由于该模型假设 LGD 服从贝塔分布,所以在实际应用中为了简化,可以用式(5~7)计算债券近似的预期损失、经济资本和非预期损失。

3. 死亡模型的优势与劣势。优势:(1)比较容易利用死亡率表来计算单个债券和债券组合的预期损失及其波动率,特别是计算债券组合很方便;(2)死亡模型是从大量样本中统计出来的一个模型,所以采用的参数比较少。

劣势:(1)没有考虑不同债券的相关性对计算结果的影响;(2)没有考虑宏观经济环境对死亡率的影响,因而需要时时更新死亡率表;(3)要求的数据量很大,许多单个商业银行无法提供如此之大的数据库,如对有 7 个信用等级的债券, $\sigma=0.001$,MMR=0.01,则样本需要达到 69 300 个,这对一般商业银行是不可能的;(4)数据更新和计算量很大;(5)不能处理非线性产品,如期权、外币掉期。

(四)信用风险附加法(CreditRisk⁺ Model)。信用风险附加法是瑞士波士顿第一银行产品部在 1997 年源于保险精算学思想开发的。

1. 模型假设。(1)债务/贷款偿还只有两种状态:违约与不违约;(2)在债务人较多的条件下,在相同时间段内违约概率相同;(3)在不重叠的时间段内违约人数相互独立。

2. 模型设定与参数估计。由于以上假设,则用泊松(Poisson)分布比较好满足以上假设,设:

$$\Pr(n) = \lambda^n e^{-\lambda} / n! \quad (14)$$

$\Pr(n)$ 为计算期内发生 n 个债务人违约事件的概率; λ 为单位时间段内平均违约人数,它服从 Gamma 分布,并且有 $\lambda = \sum_{k=1}^n \Pr(k) \cdot k$ 。根据 Poisson 分

布可知, n 是均值为 λ 的一个随机变量。

Credit Suisse 在处理模型时, 将债券/贷款分为 m 个频段, 设基础单位金额为 L (例如 100 万元), 则可以根据债务人风险暴露划为某一频段 (取大于相对比例的最小整数, 如 435 万元的频段为 5), 频段 j 的风险暴露 v_j 用 L 作单位, 则有 $v_j = j$, 则在频段 j 内的期望违约人数为:

$$\lambda_j = EL_j / v_j = \sum_{k \in \Omega_j} EL_k / v_k \quad (15)$$

则频段 j 的资产组合分布的概率密度函数为:

$$\begin{aligned} G_j(z) &= \sum_{n=0}^{\infty} \Pr(EL = nL) Z^n = \sum_{n=0}^{\infty} \Pr(n) Z^{nv_j} = \sum_{n=0}^{\infty} (\lambda_j^n e^{-\lambda_j} / n!) Z^{nv_j} \\ &= \exp(-\lambda_j + \lambda_j Z^{v_j}) \end{aligned} \quad (16)$$

$$\begin{aligned} G(z) &= \prod_{j=1}^m G_j(z) = \prod_{j=1}^m \exp(-\lambda_j + \lambda_j z^{v_j}) = \exp\left(-\sum_{j=1}^m \lambda_j + \sum_{j=1}^m \lambda_j z^{v_j}\right) \\ &= \exp\left(-\lambda + \sum_{j=1}^m \lambda_j z^{v_j}\right) \end{aligned} \quad (17)$$

则损失 $n \cdot L$ 的资产的概率函数为:

$$\Pr(EL = n \cdot L) = \frac{1}{n!} \frac{d^n G(z)}{dz^n} \Big|_{z=0}, n=0, 1, 2, \dots \quad (18)$$

有了资产损失的概率密度函数, 就可以直接利用 VaR 方法求出债券/贷款的经济资本要求, 即在一定的置信水平下, 可以计算出最大可能违约数 N , 这样经济资本就为 $N \cdot L$ 。

3. 信用风险附加法的优势和劣势。优势: (1) 易于求出债券/贷款及其组合的损失概率和边际风险分布; (2) 模型集中于违约分析, 所需估计变量很少, 只需要违约和风险暴露的分布即可; (3) 该模型处理能力很强, 可以处理数万个不同地区、不同部门、不同时限等不同类型的风险暴露; (4) 根据组合价值的损失分布函数可以直接计算组合的预期损失和非预期损失的值, 比较简便。

劣势: (1) 与 KMV 模型一样, 只将违约风险纳入模型, 没有考虑市场风险, 而且认为违约风险与资本结构无关。(2) 没有考虑信用等级迁移, 因而任意债权人的债务价值是固定不变的, 它不依赖于债务发放人信用品质和远期利率的变化与波动。尽管违约概率受到一些随机因素的影响, 但风险暴露并不受这些因素的影响。(3) λ_j 的方差并不完全相同, 否则会低估违约率。(4) 不能处理非线性金融产品, 如期权、外币掉期。

(五) 信贷组合观点 (Credit Portfolio View)。1998 年, 麦肯锡 (Mc Kinsey) 公司 Saunders 和 Wilson 等人利用基本动力学的原理, 从宏观经济经济环境的角度来分析借款人的信用等级迁移, 建立了信贷组合观点, 有时也称麦肯锡模型。

1. 模型假设。(1) 信用等级在不同时期的迁移概率不是固定不变的, 而

受到诸如国别、经济周期、失业率、GDP 增长速度、长期利率水平、外汇汇率、政府支出、总储蓄率、产业等因素的影响;(2)宏观经济变量服从 AR(2)过程。

2. 模型设定与参数估计,即:

$$Pr_{i,t} = 1/(1 + e^{-Y_{i,t}}) \quad (19)$$

其中: $Pr_{i,t}$ 为债务人 i 在时刻 t 的有条件违约概率; $Y_{i,t}$ 为由以上 m 个因素 $F_{i,t}$ 所表示的宏观指数,即:

$$Y_{i,t} = \alpha_{i,0} + \alpha_{i,1}F_{i,1,t} + \alpha_{i,2}F_{i,2,t} + \cdots + \alpha_{i,m}F_{i,m,t} + \epsilon_{i,t} \quad (20)$$

$\alpha_{i,k}$ 为 $F_{i,k,t}$ 对 $Y_{i,t}$ 的影响系数; $F_{i,k,t}$ 为因素 k 的相对指数; $\epsilon_{i,t} \sim N(0, \sigma_i)$, $\epsilon_t \sim N(0, M_\epsilon)$, M_ϵ 是因素指数协方差矩阵。由第 2 个假设可知:

$$F_{i,k,t} = \beta_{i,k,0} + \beta_{i,k,1}F_{i,k,t-1} + \beta_{i,k,2}F_{i,k,t-2} + e_{i,k,t} \quad (21)$$

$e_{i,t} \sim N(0, \sigma_i)$, $e_t \sim N(0, M_e)$, M_e 是误差项矩阵。

设定矩阵 $E_t = [v_t \quad e_t]^T \sim N(0, M)$, 其中 $M = \begin{bmatrix} M_{v,v} & M_{v,e} \\ M_{e,v} & M_{e,e} \end{bmatrix}$, $M_{v,e}$ 是相关系数矩阵。将矩阵 M 分解为 $M = AA^T$, 并设 $Z_t \sim N(0, I)$, 则债务人数量足够多时有:

$$M_t = A^T Z_t \quad (22)$$

根据历史的投资级债券的违约概率 P_t 与穆迪(Moody)或者标准普尔(Standard & Poor)的历史上(无条件)投资级债券的基期违约概率 P_0 的比值可以看出,比值大于 1 则说明经济膨胀,小于 1 则说明经济衰退。利用 $P_{i,t}$ 来调整 P_0 ,从而得到一个转换矩阵 TM_t :

$$TM_t = TM(P_{i,t}/P_0), TM_T = \prod_{t=1}^T TM(P_{i,t}/P_0) \quad (23)$$

由式(23)可以得到任何信用等级在任何时刻的向任何信用等级迁移的瞬间迁移概率和累计迁移概率。事实上,信贷组合观点是对信用度量术的延伸和深化,因为在信用度量术中,信用等级迁移的概率和累计概率是通过历史数据统计出来的,存在一定的时滞,所以,该模型在利用信用度量术的有关处理方法和 VaR 方法的基础上,可以求出债券/贷款及其组合的违约概率、预期损失、非预期损失和经济资本。

3. 信贷组合观点的优势和劣势。优势:(1)较为充分地考虑了宏观经济环境对信用等级迁移的影响,而不是无条件用历史上违约概率的平均值来代替;(2)信用等级迁移概率具有盯市性,因而它与信用度量术结合起来可以提高信用风险度量的准确性;(3)它清晰地给出了实际的离散的损失分布模型,这个损失分布依赖于子组合中信用头寸的个数和大小;(4)它既可以适用单个债务人,也可以适用于群体债务人,如零售组合。

劣势:(1)模型的数据依赖于一国很多宏观经济数据,因而数据处理与计算较为繁杂;(2)不能处理非线性产品,如期权、外币掉期。

(六)贷款分析系统(LAS)。1998 年 KPMG 公司 Belkin(1998)和 Crouhy 及 Mark(1998)等人在风险中性理论的基础上提出了贷款分析系统。Delianedias 和 Geske(1998)通过期权定价模型进一步发展了 LAS 模型,基于期权思想的 LAS 模型与信贷监测模型基本相同,只是将企业资产价值的期望回报率换成无风险利率,将贷款的面值当作违约实施点来处理,所以在此不作赘述,下面就只剖析前一种 LAS 模型。

1. 模型假设。(1)贷款利率大于无风险利率时,借款人存在违约的风险;(2)贷款价值服从正态分布。

2. 模型设定与参数估计。根据利率期限结构理论中的利率预期理论,有:

$$(1+r_n)^n = (1+r_0)(1+r_{0,1})(1+r_{0,2})\cdots(1+r_{0,k})\cdots(1+r_{0,n}) \quad (24)$$

$$(1+R_n)^n = (1+R_0)(1+R_{0,1})(1+R_{0,2})\cdots(1+R_{0,k})\cdots(1+R_{0,n}) \quad (25)$$

r_n, R_n 为 n 年期限无风险利率和风险利率,并认为 n 年期限无风险利率在 n 年内不变; $r_{0,k}, R_{0,k}$ 为第 k 年远期无风险利率和风险利率。则第 k 年远期风险违约率(中性概率)为:

$$NP_{0,k} = 1 - (1+r_{0,k})/(1+R_{0,k}) \quad (26)$$

在确定了 k 年内各年远期风险违约率后可以计算贷款在 k 年内累计违约的概率 PD_k ,即:

$$PD_k = 1 - \prod_{k=1}^k (1 - NP_{0,k}) = 1 - \prod_{k=1}^k \frac{1+r_{0,k}}{1+R_{0,k}} \quad (27)$$

在无违约风险下可以计算贷款的现值 V_0 ,在违约风险下可以求出贷款的违约现值 V ,即:

$$V_0 = \sum_{k=1}^n \frac{M_k}{(1+r_n)^k} \quad (28)$$

$$V = \sum_{k=1}^n \frac{(1-PD_k)M_k}{(1+r_n)^k} = \sum_{k=1}^n \left[\frac{M_k}{(1+r_n)^k} \cdot \prod_{k=1}^k \frac{1+r_{0,k}}{1+R_{0,k}} \right] \quad (29)$$

在借款人信用等级迁移的情况下,将式(29)得出的 V 代替式(9~10)中的 P 就可以计算出贷款在信用等级迁移后的期望值 $E(V)$ 和方差 σ_V^2 ,在贷款价值服从正态分布的假设下,贷款预期损失就是贷款的现值 V_0 与信用等级迁移后的期望价值 $E(V)$ 的差额,在置信水平为 α 下的非预期损失可以用式(11)来计算,从而得到贷款的经济资本要求。

3. 贷款分析系统的优势和缺陷。优势:(1)数据要求较简单,不复杂;(2)它采用了利率期限结构理论,因此,可以求出远期违约率,具有前瞻性。

缺点:(1)假设贷款价值分布具有正态性,但实际上存在“肥尾”现象,并不满足正态分布假设;(2)对构建多期无套利的组合贷款没有很好的方法保证;(3)它只考虑违约和不违约两种状态,但贷款期限较长时贷款可能移到这两者

之外的状态；(4)不能处理非线性产品，如期权、外币掉期。

三、范式比较

(一)违约的定义。根据对违约定义的不同，可分为盯市模型(MTM)与违约模型(DM)，MTM模型和DM模型是银行业普遍使用的两大类信用风险度量模型。盯市模型是以资产市场价值变化为基础计算 VaR 的模型；而违约模型则是集中于预测违约损失，它只考虑了两种情形：违约和不违约。盯市模型相对违约模型的一个显著差异是前者包括了价差风险，因为它除了考虑违约与不违约两种信用状态以外，还要考虑到信用质量的变化，比如信用等级的上升或下降，在此意义下 MTM 模型是 DM 模型的一种推广。据此分析，信用度量术是典型的 MTM 模型；死亡模型、信用风险附加法、贷款分析系统和信用监测模型本质是 DM 模型，但高级版的信用监测模型也是 MTM 模型；而信贷组合观点既是 MTM 模型，也是 DM 模型。

(二)风险驱动因素。根据风险驱动因素的不同可将信用风险度量模型分为条件模型和无条件模型。按照巴塞尔委员会的定义，无条件模型反映相对有限的特定借款者或特定信用项目的信息；而条件模型除此之外还综合考虑了一国或国际的总体经济环境，比如 GDP 增长率、通货膨胀率、失业率、股票价格指数、利率等宏观经济因素，模型的结果对这些因素的变化往往具有较强的敏感性。因此，信用监测模型的风险驱动因素是受宏观因素影响的借款人资产价值，信用度量术的风险驱动因素是借款人资产价值，信用风险附加法和死亡模型的驱动因素是违约率，信贷组合观点的风险驱动因素是宏观因素，而贷款分析系统的驱动因素则是受宏观因素影响的利率或借款人资产价值。

(三)信用事件的相关性。巴塞尔委员会根据对诸如违约、信用等级、违约下的损失率、信用价差、风险暴露等信用事件的相关性的不同考虑方法将信用风险度量模型划分为结构化模型与简化式模型。结构模型试图通过假定金融产品或经济单位的微观经济特征来解释单个借款人的违约或信用质量的变化，比如资产价值和负债之间的比例关系可能决定了借款人的信用质量。那些用于决定借款人风险等级变化(包含违约)的随机变量称为等级迁移风险因素，在结构模型中就是要估计或确定借款人等级迁移风险因素的相关性。而简化式模型则不同，它不是试图解释违约或信用等级的迁移，而是选择一种统计方法并建立适当的因素模型来刻画违约或信用等级的迁移现象。在简化模型中，特别假定了借款人的违约率或迁移矩阵与可以观察到的宏观经济活动指标或不可以观察到的随机风险因素之间存在一种函数关系，简化模型认为正是单个借款人的财务状况对公共因素或相关背景因素的依赖才引起了借款人之间违约率的相关性和信用等级之间迁移的相关性。

(四)违约概率的波动性。以上信用风险度量模型的一个重要差别是违约

概率的波动性。在信用监测模型中,违约率随着借款人股票市价变化而变化;在信用度量术和死亡率模型中,违约概率是基于历史数据统计出来的固定的、离散的值;在信用风险附加法中,每笔贷款的违约率是可变的,违约率均值被模型化为一个有着伽马分布(Gamma distribution)的变量;在信贷组合观点中,违约概率是一套正态分布的受到宏观因素冲击的一个对数函数;贷款分析系统的违约率随利率或者借款人资产价值变化而变化。

(五)资产价值。由于借款人的信用等级直接影响到债务价值,而人们通常用信用等级的变化来刻画债务价值的变化,所以按信用等级的刻画方式可以将模型分为离散估值模型与连续估值模型。离散估值模型中的信用质量按离散的信用等级变化进行刻画;而连续型估值模型中的信用质量通过连续的违约概率或违约概率密度函数来刻画。因此,信用监测模型是典型的连续型模型,而信用度量术、死亡模型、信用风险附加法是离散模型,而信贷组合观点既是连续型模型,也可能是离散型模型;在传统的贷款分析系统中,资产价值是离散的,但在基于期权思想的模型中,资产价值变化又是连续的。

(六)回收率。损失的分布和 VaR 的计算不仅取决于违约的概率,而且也取决于损失的严重程度或违约下的损失率。经验证据表明违约严重程度和贷款回收情况随时间演变而有相当大的波动性,进而,将变化的回收率包括进去有可能增加 VaR 或未预期的损失率。信用监测模型假设回收率为一个常数,但高级版的信用监测模型允许回收率遵循贝塔分布;在信用度量术模型和死亡模型中,回收率假定服从贝塔分布;在信用风险附加法中,损失被凑成频段得到亚级贷款组合,而任何级别贷款组合损失严重程度视为一个常数;在信贷组合观点中,回收率的估计是通过蒙特卡罗模拟法进行的,是变化的;在贷款分析系统中,回收率是变化的。

(七)现金流折现因子。根据现金流折现因子选择方法不同可以将信用风险度量模型分为现金流折现法(DCCF)与风险中性定价法(RNV)。DCCF 方法的折现因子采用非参数方法估计,比如用同一信用等级的贷款或债务的信用价差的均值作为该等级的统一价差,这种方法虽然很少应用模拟假设,但是当数据缺乏或出现噪声的时候则无能为力。RNV 方法的折现因子是通过无风险利率期限结构和风险中性定价方法确定的,其理论基础是套利定价理论,这种方法可以充分利用可获得的数据,但是对模型有许多假设条件。一般来讲,两种方法得到的结果是不同的,但是当市场是充分有效的,而且 RNV 的假设条件比较接近现实时,两种方法对于分散化的组合会产生的结果是几乎相同的。采用 DCCF 方法的有信用度量术、死亡模型;采用 RNV 方法有信用监测模型、信贷组合观点、信用风险附加法和贷款分析系统。

对采用 DCCF 而言,如果借款人在观察期内只有信用等级的变化而没有违约,仅仅考虑信用等级影响的贴现率是无法准确反映借款人在将来可能违

约的损失率；由于同一信用等级的债券赋予相同的贴现率，这就体现不出相同信用等级的优先债券和次级债券的信用价差，而且认为贴现率只与信用等级有关而与市场无关，这不符合资产收益率与整个市场收益率相关的基本观点，由此，这种贴现方法不太符合现代金融理论。而采用 RNV 的贴现率是无风险利率，不受信用等级的影响，比较符合现代金融理论。

(八)建模的主要理论根基。根据建模时对违约概率、信用等级迁移矩阵和信用质量相关性的计算的理论基础不同，可以将信用风险度量模型分为基于股权的方法、基于精算的方法与经济计量方法三种。

经济计量模型方法对违约概率计算的根据是：违约概率与当前的宏观经济状况、行业和公司所处的地理位置等有关，环境的差异或宏观经济因素与公司的信用质量表现出相关性。

基于精算的基本方法是只考虑违约概率的有关计算，假定违约概率服从随机分析中的泊松过程，应用历史的信用评级模型预测借款人未来的违约概率和迁移矩阵，后者将借款人划分为不同的“风险段”，在每一个风险段里所有的借款人及其等级迁移的风险因素的随机性质都假定为统计一致的，在同一风险段中的所有借款人将具有相同的违约率、迁移矩阵和相关性。基于精算方法的参数估计具有“后顾性”。

基于股权的方法是专门用来估计大中型借款人的违约率、迁移矩阵和相关性的方法，它是基于 BSM 模型，把公司违约或信用质量的变化与公司资产的价值、股权、债务联系起来进行考虑，通过期权模型确定公司的违约率和违约相关性。基于权益的方法具“前瞻性”。

(九)组合分析方法。对于单个债券或者贷款的损失测度是可以通过以上模型较为容易解决的，但是对债券或者贷款组合的处理，就没有那么容易了，并且随着组合的数量增加而变得十分复杂。在信用度量术和死亡模型中。需要使用蒙特卡罗模拟技术产生一个组合贷款价值的近似的总体分布，并由此得出一个 VaR 值；在信贷组合观点中，重复使用蒙特卡罗模拟方法来生成宏观冲击和贷款组合价值或损失的分布；在信用风险附加法中，假定单个债券或者贷款的违约率服从泊松分布，这样可以得到组合的损失的概率密度函数的分析解；信用监测模型和基于期权思想的贷款分析系统可以得到逻辑分析解。通过对以上模型各维度的分析，我们可以大致汇成表 1。

通过对以上维度的比较分析，发现现代信用风险度量模型具有这些特点和发展趋势：(1)从过去的定性分析转化为定量分析；(2)从指标化形式转向模型化形式，或二者结合；(3)从对单个资产分析转化为资产组合分析；(4)从盯住账面价值的方法转向盯住市场的方法；(5)描述风险变量从离散形式向连续形式转化；(6)既考虑单个借款人的微观特征，也考虑整个宏观经济环境的影响；(7)运用了现代金融理论和其他学科的最新研究成果，比如期权定价理论、

资本资产定价理论、资产组合理论、经济计量学方法、保险精算方法、最优化理论、仿真技术等；(8)仍将大量采用 VaR 技术。

表 1 现代信用风险度量模型综合比较表

模型 分 类		信用监 测模型	信用度 量术	死亡 模型	信用风险 附加法	信贷组 合观点	贷款分 析系统
违约 定义	DM 模型	✓		✓	✓	✓	✓
	MTM 模型	✓	✓			✓	
风险驱 动因素	无条件模型		✓	✓	✓		
	条件模型	✓				✓	✓
信用事件 相关性	结构式模型		✓	✓			
	简化式模型	✓			✓	✓	✓
违约概率 波动性	不变		✓	✓			
	可变	✓			✓	✓	✓
资产价值	离散型		✓	✓	✓	✓	✓
	连续型	✓				✓	✓
回收率	相对不变	✓			✓		
	随机变化	✓	✓	✓		✓	✓
现金流折 现因子	DCCF		✓	✓			
	RNV	✓			✓	✓	✓
建模的理 论根基	莫顿模型	✓	✓				✓
	精算模型			✓	✓		
	经济计量型					✓	
组合分析 方法	模拟法		✓	✓		✓	
	解析法	✓			✓		✓

备注：信用监测模型考虑了高级版的模型；LAS 模型包括基于期权思想的 LAS 模型。

四、实证比较

迄今为止，从实证角度对以上各个信用风险度量模型进行系统比较分析的文章还很少。Crouhy(2000)在对各模型进行模拟的基础上指出，不同的模型对在同一时点的相同资产组合进行评估时得出的结果是相近的。Gordy(2000)的研究集中于对 CreditRisk⁺ 模型和 Creditmetric 模型的比较，其研究表明，处理相同的数据时，不同的衡量方法具有广泛可比性。Nickell(1998)等人对信用风险度量模型的实证研究表明，不同的模型给出的结果和实际情况大相径庭，这些模型在对美国之外的债务人和金融机构的评估效果较差。

本文实证所用的数据是重庆市 813 个样本企业(集团)在 1999~2002 年取得且到期的贷款；有些模型的计算十分繁杂，本文进行了适当的简化处理；此外，(含贴现)假设企业违约相互独立。用以上模型测算的贷款损失见表 2。

从对贷款最终损失预测结果来看，与实际值相差最为接近的是信用风险附加法，相差 3.15%，其他的模型相差都超过 8%，相差较大，这一点与 Nickell(2000)等人实证的结果是相同的。从贷款的经济资本配置的比例来看，与实际值相差最为接近的也是信用风险附加法，相差 0.26 个百分点；其他模型

相差都超过了 0.65 个百分点。

表 2 各模型测算的贷款最终损失(万元)

模型/信用等级	AAA	AA	A	BBB	BB	B	D	合计	REC
信用监测模型	3 327	27 395	119 442	150 994	301 364	704 184	211 752	1 518 458	8.91%
信用度量术	4 872	25 375	265 660	312 947	393 537	541 101	116 006	1 659 474	9.74%
死亡模型	0	2 278	23 731	98 952	180 528	406 277	244 992	956 759	5.62%
信用风险附加法								1 445 630	8.49%
贷款分析	1 428	15 744	174 098	228 292	321 765	507 767	307 070	1 556 165	9.14%
实际值	1 252	5 560	275 805	147 390	235 283	540 020	196 193	1 401 504	8.23%

备注：(1)最终损失等于预期损失与非预期损失之和，一般认为它就是应该配置的经济资本；REC 是贷款最终损失与贷款本息之比，实际上也就是贷款经济资本应该配置的比例。(2)不同信用等级下的贷款最终损失之和不等于表列的合计数，原因在于数据进行了四舍五入。(3)在计算非预期损失时，选用的置信度为 99%，也就是说还有 1%的概率发生灾难性损失。

信用度量术、死亡模型所采用的 PD 是历史数据统计出来的，信用风险附加法、贷款分析系统是利用历史信贷数据来测算 PD 的。信用监测模型、死亡模型、信用风险度量术所采用的 LGD 也是历史数据统计出来的。事实上，这些模型并不能满足巴塞尔新协议的高级内部评级法的要求。

此外，前 4 个模型明确假设或间接认为违约率与违约后的损失率是相互独立的，但通过对样本统计发现两者并不是完全独立的，两者存在正相关的关系，即违约率越高，违约后的损失率也越高，符合实际统计结果。

五、综合评价

对信用风险度量模型的实证研究表明，不同的模型给出的结果和实际情况有一定的差距，预测效果也相差较大。而且，以上各模型还存在一些不切实际的假设和缺陷，这些模型显著的共同假设是利率和风险暴露不变，这不符合实际情况，除了高级版的信用风险度量术假设利率是个随机过程，这样可以较为容易处理期权和互换等衍生产品外，其他模型尚不能很好地处理非线性的衍生产品；任何一个信用风险度量模型还没有全面考虑到信用借款人的具体情况，如银行授信、信用等级迁移、贷款合同担保能力、债务期限，以及价格、破产法、税收、行业性、经济周期和国家政策等宏观因素，尤其是没有考虑到借款人的道德风险，这恰好在我国曾经是个较为普遍的现象。这些模型事实上并不能完全满足高级内部评级法的要求，也不能有效地对单一贷款进行损失测算，它们本身是用于测算贷款组合的。此外，国际上还没有出台一个通用的评价信用风险度量模型的方法，模型评价仍常常忽视建模的方法、数据和检验统计方法的有效性，因此，我们在应用现有的这些模型时要保持慎重的态度，不

能盲目地照搬使用。

在我国商业银行,信用风险量化管理比较薄弱,基本上处在资产负债指标管理和头寸匹配管理水平上,金融监管方法也比较落后,缺乏专门的信息收集、加工处理和分析系统,导致信用风险管理相对滞后。但我们可以在总结这些现代信用风险度量模型缺陷的基础上,结合现代信用风险模型发展趋势,建立适合于我国商业银行的现代信用风险度量模型。

参考文献:

- [1]安东尼·桑德斯(刘宇飞译). 信用风险度量——风险估值的新方法与其他范式[M]. 北京:机械出版社,2001.
- [2]约翰·B. 考埃特,爱德华·I. 爱特曼,保罗·纳拉亚南(石晓军,张振霞译). 演进着的信用风险管理——金融领域面临的巨大挑战[M]. 北京:机械出版社,2001.
- [3]Basle Committee on Banking Supervision. Credit risk modeling: Current practice and applications[R]. Consultative Paper, Basle, 1999.
- [4]Michael Crouhy, Dan Galai, Robert Mark. A comparative analysis of current credit risk models[J]. Journal of Banking and Finance, 2000, 24, 59~117.
- [5]Patricia, J., William, P. Regulatory implication of credit risk modeling[J]. Journal of Banking and Finance, 2000, 24, 1~24.
- [6]Suleyman Basak and Alexander Shapiro. Value-at-Risk-Based risk management: Optimal policies and asset prices[J]. Review of Financial Studies, 2001, 14(2), 371~405.

An Anatomy and Comprehensive Comparison Analysis of Current Credit Risk Measurement Models

ZHU Xiao-zhong, ZHANG Zhong-yi, GEN Hua-dan

(School of Economics and Business Administration,
Chongqing University, Chongqing 400044, China)

Abstract: The paper gives a detailed anatomy of the comparatively famous current credit risk measurement models from many aspects. Then the paper makes mode comparison and empirical comparison, and finds that their forecast outcomes differ with their modes of modeling. Finally, the paper makes objective evaluations on these models.

Key words: Current credit risk measurement models; anatomy; mode comparison; empirical comparison; evaluation.