

## 摘 要

长期以来,信用风险都是金融市场上最基本、最古老,也是危害最大的风险之一。尤其是 20 世纪 80 年代中期以后,随着经济和金融的全球化,信用规模和风险程度都呈指数式增长,信用风险问题受到了学术界和金融实业界广泛的关注。尤其对于处于新兴市场和转轨经济的我国商业银行而言,如何加强信用风险的量化和管理更是有着特殊的重要意义。本文以此为背景,对信用风险的测量与控制进行了系统性研究,全文共分四部分:

第一部分概述了信用风险的基本概念和特点,以及现代信用风险度量模型发展的动因。

第二部分回顾和评价了近年来国内外在信用风险度量和管理方法上的创新、应用及发展趋势。从传统的信用风险衡量方法入手,对当前四大信用风险量化管理模型(KMV、CreditMetrics、CreditRisk+及 Credit Portfolio View)的基本特征和结构、参数选择和方法、以及模型的创新性与缺陷等进行了详细的比较研究。

第三部分从信用风险与市场风险的不可分性这一经济学基本原理出发,提出了一个以利率波动性为基础的信用风险动态测量模型,以期对现有主要信用风险量化模型假定利率不变,从而没有同时考虑市场风险和信用风险这一共有的缺陷加以修正,为最终实现信用风险与市场风险的综合测量和管理进行了有益的尝试。

第四部分则是对信用风险量化管理发展的展望。就信用风险量化模型的发展、信用风险管理的发展趋势以及信用衍生工具的风险管理等问题做了进一步的探讨,并对加入 WTO 后,如何加强我国商业银行信用风险的量化和管理提出了若干建设性建议。

**关键词:** 信用风险; 市场风险; VaR

## **Abstract**

Credit risk measurement and management is a significant area of financial management, which is of major interest to practitioners, financial and credit analysts. Recently, as the international financial environment changes, the domestic and foreign financial institutions have paid more and more attention to the measurement and management of credit risk.

Firstly, this paper briefly introduces the basic conception and characteristics of credit risk. And then it compares the four of the most widely used credit risk models in today's risk-management practice, including the structural models of KMV's Credit Monitor Model and J.P. Morgan's CreditMetrics, as well as CSFP's actuarial based CreditRisk+ and McKinsey's econometric based Credit Portfolio View. We find that given their constant interest rate assumption, these standard approaches to credit risk management separate the analysis of market and credit risk, and thus misestimate security and portfolio risk levels, and are of limited value when applied to portfolios of interest rate sensitive instruments.

Economic theory tells us that market and credit risks are intrinsically related to each other and not separable. So in the third part of this paper, we develop a dynamic measurement framework of credit risk, which is based on the volatility of interest rate. And the application of the framework is also being discussed.

Moreover, as China enters into WTO, how to improve the credit risk management skills is of great importance to the commercial banks of China, therefore we also made some good references and reasonable suggestions for the domestic financial institutions in the last part of this paper.

**Key Words:** Credit Risk; Market Risk; VaR

# 目 录

绪 论 .....	1
第一章 信用风险概述 .....	2
第一节 信用风险的概念与层次 .....	2
第二节 信用风险的特点 .....	3
第三节 信用风险度量模型发展的动因 .....	5
第二章 信用风险度量及管理模型的发展和比较研究 .....	9
第一节 传统的信用风险衡量方法 .....	9
第二节 信用风险量化管理模型的发展 .....	10
第三章 动态信用风险模型研究 .....	30
第一节 信用风险与市场风险的不可分性 .....	30
第二节 以利率波动为基础的动态信用风险模型 .....	32
第四章 信用风险量化管理发展展望 .....	44
第一节 信用风险量化模型进一步发展必须解决的主要问题 .....	44
第二节 信用风险管理的现状及发展趋势 .....	46
第三节 信用衍生工具及其信用风险的衡量方法 .....	47
第四节 我国商业银行信用风险管理的现状及对策研究 .....	50
结 语 .....	53
参 考 文 献 .....	54
后 记 .....	58

## 绪 论

长期以来，信用风险都是银行业，乃至整个金融业最主要的风险形式。尤其是 20 世纪 80 年代中期以后，随着信用规模和风险程度的指数式增长，商业银行的信用风险问题受到了学术界和金融实业界越来越广泛的关注。世界银行对全球银行业危机的研究指出，信用风险管理不善是导致商业银行破产的最主要的原因之一<sup>1</sup>。

现代意义上的信用风险包括了由于交易对手直接违约或交易对手信用水平、履约能力的变化而使投资组合中资产价格下降进而造成损失的风险。与市场风险相比，信用风险具有收益分布的有偏性、信用风险数据获取的困难性以及信用风险以非系统性为主的特点，这使得信用风险的量化和管理都极为困难。

由于传统信用风险衡量方法的局限性，近年来有关信用风险量化管理模型的开发得到了理论界和实务界越来越高的重视，相继推出了 KMV、CreditMetrics、CreditRisk+ 以及 Credit PortfolioView 等模型。本文通过对以上四个模型详细的比较研究发现，这些模型都有一个共同的特征，即假定利率是外部确定的，没有同时考虑市场风险和信用风险。而经济学的基本原理告诉我们市场风险与信用风险之间有着内在的固有的联系，是无法截然分开的。因此，正如 Crouhy（2000）所指出的那样，信用风险分析的最终框架要求必须是市场风险和信用风险的完全整合。本文提出的以利率波动性为基础的信用风险衡量的一个动态量化框架，便是在这方面的一个尝试。

此外，随着金融全球化和衍生工具的飞速发展，随着中国加入 WTO，如何加强信用风险的量化和管理，对于处于新兴市场和转轨经济的我国商业银行而言有着特殊的重要的意义，本文也对此提出了若干建设性建议。

---

<sup>1</sup>参见：世界银行，1997，《新兴市场经济中的商业银行》，中国财经出版社。

## 第一章 信用风险概述

### 第一节 信用风险的概念与层次

信用风险（Credit Risk）是金融市场上最为基本、最为古老，也是危害最大的一类风险。传统意义上的信用风险是指借款人不能按期还本付息而给贷款人造成损失的风险。现代意义上的信用风险则包括了由于交易对手直接违约或交易对手信用水平、履约能力的变化而使投资组合中资产价格下降进而造成损失的风险。

从来源来看，信用风险可以分为交易对手风险（Counterparty Risk）和发行人风险（Issuer Risk）这两种类型。前者主要产生于贷款和金融衍生产品的交易中，由于其头寸的非流动性，其分析期一般也采用一年或合约的整个期限等较长的时间跨度；后者则主要与债券相联系，由于拥有的头寸可以在市场上迅速交易，对其分析的时间跨度一般也较短，如几天或几周等。当然，以上两种类型的信用风险也并非绝对分离的，如信用衍生工具合约就同时兼有以上两种类型的风险。

从组成上看，信用风险则主要是由违约风险（Default Risk）和信用价差风险（Credit Spread Risk）这两部分组成。前者主要指交易一方不愿或无力支付约定款项致使交易另一方遭受损失的可能性，但即使是在违约的情况下，通常也会有一部分的债务得以清偿，这一清偿的比例就称为挽回率（Recovery Rate）；后者主要是指由于信用品质的变化引起信用价差的变化而导致的损失，具体由信用价差跳跃风险（Jumps in the Credit Spread）和信用价差波动风险（Credit Spread Volatility）组成。

此外，信用风险还可以分为三个层次，一是交易层次（Deal Level），与单笔的金融交易相联系；二是交易对手或发行人层次（Counterparty / Issuer

Level)，产生于与一个交易对手或发行人的全部交易当中；三是资产组合层次（Portfolio Level），与市场主体和全部交易对手和发行人产生的全部交易相联系，它是最综合的一个层次。<sup>2</sup>它们之间的关系如图 1 所示。

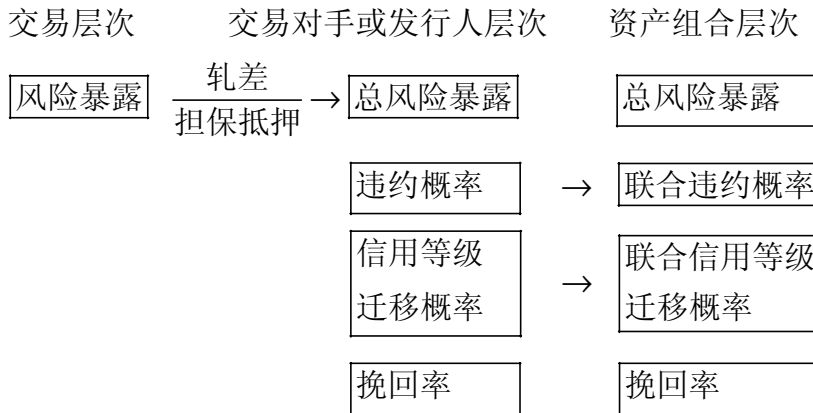


图 1 信用风险层次图

## 第二节 信用风险的特点

与市场风险相比，信用风险具有收益分布的有偏性、信用风险数据获取的困难性以及信用风险以非系统性为主等特点。

### 一、信用风险收益分布曲线的非对称性

通常情况下，市场价格的波动是以其期望为中心，主要集中于相近的两侧，因此市场风险的收益分布相对来说是对称的，大致可以用正态分布曲线来描述。而信用风险的收益分布曲线则是有偏的。以商业银行贷款为例，当贷款安全收回（通常可能性较大），银行仅能获得正常的利息收益；而贷款一旦违约（通常可能性较小），银行则面临着相对较大规模的损失。也就是说，贷款的收益是固定的和有上限的，损失却是变化的和没有下限的。正是由于企业

<sup>2</sup> 参见 Arvanitis, Angelo, and Jon Gregory (2001), “Credit: The Complete Guide to Pricing, Hedging and Risk Management”, Risk Waters Group Ltd, p2-6。

违约的小概率事件以及贷款收益和损失的不对称性，造成了信用风险收益分布的偏离，信用风险收益分布曲线向右侧倾斜，并在左侧出现肥尾现象。

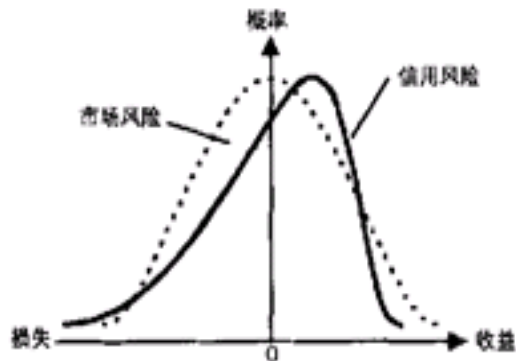


图2 信用风险收益分布的特征<sup>3</sup>

## 二、信息不对称与信用悖论(Credit Paradox)现象

信息不对称是信用风险产生的重要源泉。在信贷市场上，借款者通常比放款者更清楚投资项目成功的概率和自身偿还贷款的能力，借款者由于掌握更多的交易信息而处于有利的地位，就容易产生所谓的道德风险和逆向选择问题。因此，与市场风险相比，信用风险管理存在着信用悖论现象。所谓“信用悖论”是指从理论上讲，当银行管理存在信用风险时应将投资分散化、多样化，防止信用风险集中。然而在实践中，由于客户信用关系，区域行业信息优势以及银行贷款业务的规模效应，使得银行信用风险很难分散化。

## 三、信用风险以非系统性为主

利率风险和汇率风险等市场风险受控于宏观经济环境的影响，均表现出强烈的系统性特征。相比而言，信用风险的非系统性特征较为明显。借款人的

<sup>3</sup>参见：王琼，陈金贤，2002，“信用风险定价方法与模型研究”，《现代财经》，第4期，P14—16。

还款能力主要取决于与借款人相关的非系统性因素，如借款人的财务状况、经营能力、还款意愿等。

#### 四、信用风险观察数据少，动态掌握困难

由于贷款等信用产品缺乏二级交易市场，流动性差，因此，授信对象的信用状况及变化只能通过长期业务关系所掌握的有关信息或信用评级机构公布的评级信息来获得，信用资料的全面性和时效性自然不如市场风险采取盯市法所获得的数据。而且贷款的持有期限一般较长，即使到期出现违约，其频率也远比市场风险的观察数据少得多。因此，观察数据的匮乏就使得运用 VaR 方法来衡量信用风险，以及对信用风险定价模型进行有效性检验都相当困难，严重阻碍了实证研究的发展。

### 第三节 信用风险度量模型发展的动因

长期以来，信用风险都是银行业，乃至整个金融业最主要的风险形式。尤其是 20 世纪 80 年代中期以后，信用规模和风险都呈指数式增长。以美国为例，1854 年，其 GNP 近似等于支付总额，周转率为 1.5。1983 年，其 GNP 为 35,470 亿美元，而支付总额估计为 1,292,000 亿美元，周转率高达 36，而到了 1992 年，GNP 增加到 65,600 亿美元，支付总额跃至 5,135,090 亿美元，周转率也跃升为 1983 年的 2 倍多，即 78。周转率呈指数规模的每一次增长都表明信用规模呈指数式膨胀。而与信用规模急剧膨胀相对应的却是金融市场上信用品质的大幅下降——越来越多的政府和企业债务市场上筹资，大量的垃圾债券风靡于世，1990-1991 年间，美国市场上投机性债券的违约率竟高达 10% 以上<sup>4</sup>。但直至今日，无论是从风险水平的衡量方法还是从风险转移和控制的手段来看，金融机构和监管部门对信用风险管理的手段和措

---

<sup>4</sup> 参见：[美]约翰·B·考埃特，爱德华·I·爱特曼，保罗·纳拉亚南著，石晓军，张振霞译，2001，《演进着的信用风险管理——金融领域面临的巨大挑战》，机械工业出版社。



施，都还处于比较落后的阶段。

而近年来，贷款出售和贷款证券化的使用，以及各种信用衍生产品的出现，对信用风险的测量和控制都提出了更高的要求。因为只有在精确度量信用风险的基础上才能对是否运用这些新型金融工具做出正确的决策，同时由于这些新的金融工具又衍生出新的信用风险，度量信用风险的重要意义就成为双重的了。此外，随着金融自由化和金融全球化的发展，世界范围内破产的结构性增加、融资的非中介化、更具竞争性的价差、以及表外业务发展所导致的信用风险暴露头寸的增大等，都使得信用风险再度引起普遍的关注，成为银行内部的风险管理者和银行监管者共同面对的重要课题。

具体而言，近年来，信用风险模型的提出和发展之所以受到广泛关注，其原因主要有以下几个方面：

### **一、传统业务信用风险的急剧扩大**

统计数据表明，近年来世界范围内的破产有了一个持久的或者说是结构性的增加。同时，随着资本市场的扩张，中小型企业进入资本市场变得更加容易。融资的脱媒效应（Disintermediation）使得银行作为融资中介的地位受到了严重削弱。由于竞争的加剧，银行和其他传统金融机构对借贷者的规模要求有越来越小的趋势，对其信用等级的要求也越来越低。而且随着全球性金融风险的增大，抵押品价值下降和波动性的增加，都加大了银行贷款的风险。但与此相反，尽管贷款的平均质量下降了，利息收益特别是在大规模贷款市场上的利息收益反而变得非常少，来自贷款的风险与风险回报严重失衡。因此，如何进行准确的信用风险分析自然比过去更加重要。

### **二、表外衍生产品的增长以及信用衍生产品的发展**

衍生工具市场的显著扩张带来对贷款帐目以外的信用风险分析的大量需求。在美国许多大银行中，其场外交易（OTC）的互换和远期等表外衍生工

具的风险暴露名义价值甚至比其贷款帐目价值的 10 倍还多<sup>5</sup>。同时，信用衍生产品作为现代信用风险管理的新的有效手段，有着非常广泛的市场需求，近年来也得到了一定的发展。但目前信用衍生产品发展的一个主要障碍就是许多金融产品的信用风险难以准确量化，因此无法对纯粹以信用风险为交易标的的信用衍生产品进行准确的定价，导致信用衍生产品交易的定价风险突出。

### 三、现代投资组合管理实践的要求

随着现代组合投资管理理念的盛行，尤其是国际投资组合的发展，信用风险得以在更加广泛的范围被分散。这一方面为组合投资者降低信用风险提供了更加有效的途径，另一方面，随着组合投资在更加广泛的地理范围和更加多样化的投资品种上展开，组合投资者面临的信用风险也越来越复杂，越来越难以汇总；同时，组合投资的有效实行又要求投资者对每一具体投资以及整体投资组合的风险进行合理的衡量，进而为实际投资决策提出意见。因此，组合投资原理在风险管理中的实践就对具体信用风险计量模型提出了要求。

### 四、BIS 对风险资本的规定

除了以上三个原因之外，银行发展新的信用风险模型最大的动力来自对 BIS 订立的借贷资本强制规定的不满。1988 年巴塞尔协议中规定不管贷款的规模、到期日和借方的信用水平如何，对私人部分的所有贷款都要遵循相同的 8% 的资本保证金。因此，对一个濒临破产的公司放款和对一个 AAA 级的企业放款在资本充足性要求方面是相同的，这引起了许多银行的不满，纷纷提议允许他们将内部信用风险模型用于计算并划分借贷者的信用等级。于是，从 1998 年起，国际清算银行开始准许 10 家主要大银行使用内部风险模型，用于一般性和特殊性的市场风险度量，并每天报告交易计划的一般资本需求。

---

<sup>5</sup> 参见：梁世栋，郭欠，李勇，方兆本，2002，“信用风险模型比较分析”，《中国管理科学》，第 1 期，P17-22。

## 五、信息技术的进步

计算机系统的发展以及相关信息技术的进步,促进了历史贷款数据库的开发和完善,使得银行和其他金融机构有可能检测高效的建模技术,系统地分析贷款损失和价值分布函数及其分布的尾部形状,并可利用现代资产组合理论的模型和技术对贷款组合进行积极有效的管理。

因此,可以说市场的需求推动了信用风险管理模型的发展,而这些模型的产生也正是为了迎合这种市场的需求。正如 J.P.摩根在其信用风险管理产品 CreditMetrics 模型的介绍中所述, CreditMetrics 的目的主要在于以下四个方面:第一是为信用风险衡量创造一个共同的市场标准,以使得不同种类和来源的风险可以相互比较。第二是为了提高信用风险的透明度,改善风险管理工具,进而增强市场的流动性。第三是为监管当局提供一个能够更加准确地反映经济风险的资本充足性监管框架。第四是为其他传统的信用风险管理决策提供有益的补充手段<sup>6</sup>。

---

<sup>6</sup> 参见:陈忠阳,2000,“信用风险量化管理模型发展探析”,《国际金融研究》,第10期,P14-19。

## 第二章 信用风险度量及管理模型的发展和比较研究

### 第一节 传统的信用风险衡量方法

传统的信用风险衡量方法主要包括专家法、信用评级法和信用评分法等。

#### 一、专家方法

如信贷决策的 5C 法。主要由专家(通常为授信部门的主管)根据借款人的品格(Character)、资本(Capital)、偿付能力(Capacity)、抵押品(Collateral)以及经济周期的形势(Cycle Conditions)这五大因素对借款人的还款意愿和还款能力作出全面的分析,以评定该借款人的信用状况,从而做出信贷决策。尽管这仍然是目前许多银行在信贷决策过程中主要使用的方法,但显而易见,它在运用中将面临着一个主要的问题就是,评定时对不同借款人所选择的影响因素应该是一致的还是因人而异的,选定因素之后各因素的最优权重又该如何确定,这都将主要依赖于专家的主观判断,因此极可能对同一借款人,不同的专家将会得出截然不同的分析结果,从而影响信贷决策的准确和效率。

#### 二、信用评级方法

如 OCC 贷款评级法。这是由 U.S Office of the Comptroller of the Currency(OCC)开发的最早的贷款评级方法之一,它主要将贷款的投资组合划分成 5 个不同的等级,对每一级别列示不同的应提取损失准备金的比例,再通过加总计算,评估贷款损失准备金的充分性。由于 OCC 评级系统中,高质量级别的贷款违约几率定为 0,而现实生活中无论信用评级的级别有多高还是有可能发生违约的,因此许多银行家都扩展了 OCC 的评级方法,开发出更适合自己的内部评级系统,将贷款等级进一步细分为 1-9 或 1-10 个级别,对高品质的贷款也规定了一定的损失准备提取比例。

### 三、信用评分方法

这类方法通常被表述为定义在基于财务比率集合的多维空间上的一类分类问题，主要有著名的 Z-score 模型和在此基础上改进的 ZETA 模型。

以 Altman(1968)的 Z 值模型为例，其具体形式如下：

$$Z=1.2X_1+1.4X_2+3.3X_3+0.6X_4+1.0X_5$$

其中  $X_1$ ——营运资本/总资产比率； $X_2$ ——留存盈余/总资产比率； $X_3$ ——息税前收益/总资产比率； $X_4$ ——股权的市场价值/总负债的帐面价值比率； $X_5$ ——销售额/总资产比率

藉由上式，信贷负责人可以根据借款人的各项财务比率加权计算得到一个确定的 Z 值，若该值低于临界值(根据 Altman 的计算，为 1.81)，则该借款人就将被归于信用不佳，其贷款请求就极有可能被拒绝。

尽管传统的信用评分方法简单明了，但由于其两个很严重的缺陷，使得该模型的可信度受到很大的质疑。第一就是该模型是线性的，而实证研究表明，影响因素和破产几率之间并非完全是线性关系，甚至还很可能是高度非线性的；第二，除股权的市场价值外，该模型基本是以财务比率为基础，而大多数的财务数据都是隔一段时间才会公布，并且通常以历史成本作为会计计量的基础，因此资料的时效性就成了另一大问题。

## 第二节 信用风险量化管理模型的发展

由于传统的信用风险衡量方法主要依赖评估者的专业技能、主观判断和对某些决定违约概率的关键因素的简单加权计算，难以对信用风险做出精确的测量，因此，近年来有关信用风险量化模型的开发得到了理论界和实务界越来越高的重视。

## 一、违约证券估价理论的发展

违约证券估价理论，作为信用度量方法的现代金融理论基础，始于默顿(Merton)1974 年的研究。他假设一简单的公司资本结构，公司仅发行一种零息票债券。当债券到期时，若公司资产价值低于债券面值，公司就将发生违约。默顿将有违约风险的债券看作是对企业资产的或有索取权，利用期权定价方法推出了违约债券的估价公式。

该方法的主要缺陷在于：(1) 需要知道公司资产的市场价值和资产收益的波动率，它们在现实市场中是很难直接得到的；(2) 大多数公司都有着极为复杂的资本负债结构，在该模型框架下，不可能对每一具体的债务一一定价；(3) 模型假设违约仅发生在债券还本付息的时刻，实际情况并非总是这样；(4) 模型中的一个关键假设是公司价值的演变遵循着一个扩散过程 (Diffusion Process)，公司不会突然违约，因此无法解释为何公司债券尤其是到期期限较短的公司债券有着很大的信用价差；(5) 模型建立在 BS 公式基础上，并基于固定利率假设，没有考虑利率风险。

因此，之后大量的学者，如 Black 和 Cox (1976)，Longstaff 和 Schowartz (1995)，Leland (1998) 以及 Zhou (2001) 等对其模型进行了更为深入的研究和推广，放松了模型假设。如在 Longstaff 等 (1995) 提出的模型中，公司的资本结构被认为是不相关的，只要公司资产价值触及某一外部边界，违约就可在任何时候发生。由于这些模型都是基于 BSM(Black-Scholes-Merton)的股票期权定价模型，通过模拟公司价值的演变过程进行建模，在证券估价时都需要公司资产价值的的数据，因此也称为结构性模型(Structural Models)。

也正是由于公司资产价值无法获得直接能观察到的市场数据，使得结构性模型在实际运用中面临着许多严峻的困难。许多学者提出可以不通过公司资产价值数据，而利用市场中易于得到的公司违约率、公司信用等级变动以及债券信用价差等市场数据来建立新的模型，这类模型就被称为简约式模型

(Reduced-Form Model)。如 Duffie 等（1997）认为挽回率是随机的，与违约前债券的价值相关；Jarrow 等（1997）认为破产过程是一个有限状态的马尔可夫过程，提出了基于信用价差期限结构的马尔可夫模型。该模型对不同优先级别的债券使用不同的挽回率，可与各种无风险债券期限结构模型结合使用，并用历史信用等级转换概率数据来估计模型参数；Lando（1998）用考克斯过程来进行违约证券估价，假设无风险利率期限结构和公司的违约特征之间存在一定的相关性，提出了比 Jarrow 更通用的马尔可夫模型。

这些模型都不以显性的方式（或称为结构性方式）考察违约与公司价值之间的关系，而将违约视作一个无法预期到的过程，因此，无法清晰地看出公司资产负债结构与公司违约风险之间究竟是怎样的关系。而且，简约式模型假设风险债券的价格中已包含了关于违约的正确的信息，也就是说假设风险债券市场是“违约有效的”（Default-Efficient），但实际中并非如此。与历史违约率相比，有信用风险的债券的价格往往高估了违约概率。同时，简约式模型的实际运用需要一个流动性很强的债券市场，但从目前绝大多数国家的实际情况来看，股票市场与债券市场的发展往往极为不平衡，股票市场的流动性通常要远大于债券市场。此外，根据 Duffie（1999）的研究，当简约模型被用于拟合已观察到的收益价差时，其参数估计也极不稳定。

## 二、信用风险管理模型分类方法及其含义

### （一）DM 模型和 MTM 模型

根据对风险的不同定义，信用风险的量化模型主要分为集中于预测违约损失的模型——违约模型（Default Model）和以贷款的市场价值变化为基础计算 VaR 的模型——盯市模型（Mark-to-Market Model）。

DM 模型只考虑违约和不违约这两种状态，将价差风险视为市场风险的一部分，其典型代表是瑞士信贷银行推出的信用风险附加法（CreditRisk+）以及 KMV 公司开发的 KMV 法（信用监控模型，Credit Monitor Model）。前者以在

财产险文献中发现的保险精算方法为基础来计算资本要求；后者主要运用期权定价理论对有风险的贷款和债券进行估值，从借款企业股权持有者的角度考虑贷款偿还的激励问题。

MTM 模型考虑了信用的升降及因而发生的价差变化，在计算贷款价值的损益中也考虑了违约。其典型代表是 J.P.摩根于 1997 年推出的信用风险计量法模型(CreditMetrics)，主要通过计算个别贷款和贷款组合的 VaR 值来衡量其信用风险的大小。

## (二) 条件模型和无条件模型

根据模型所反映的信息的种类和特征以及模型的结果是否依赖于宏观经济状况，信用风险模型可以分为条件模型和无条件模型<sup>7</sup>。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，如 GDP 增长率、通货膨胀率，失业率，股价指数等宏观经济因素。目前主要的信用风险管理模型中绝大多数都是无条件模型，而最典型的条件模型则是麦肯锡公司的信贷组合观点(Credit Portfolio View)。

## (三) 结构性模型和简约式模型

根据对违约相关性或信用等级转移相关性的不同确定方法，可以将信用风险模型划分为结构性模型(Structural Model)与简约式模型(Reduced-Form Model)。前者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客户的违约或信用质量的变化，进而估计或确定客户间等级转移风险因子(Migration Risk Factor)的相关性，如 KMV 模型和 CreditMetrics 模型。后者并不试图解释违约或信用等级的转移，而是通过选择某种统计方法建立适当的因素模型来刻画违约或信用等级的转移现象，并特别假定了客户的预期违

---

<sup>7</sup> 参见：沈沛龙，任若恩，2002，“现代信用风险管理模型和方法的比较研究”，《经济科学》，第3期，P32-41。



约率或转移矩阵与宏观经济指标或随机风险因子之间存在某种函数关系，正是单个客户的财务状况对公共因子或相关背景因子的依赖才引起了客户之间违约率的相关性和信用等级转移之间的相关性，如 CreditRisk+ 等。

#### **（四）离散估值模型和连续估值模型**

金融工具信用质量的变化方式，可以按离散的信用等级变化（信用评级）进行刻画，也可以通过违约概率和违约概率密度函数按连续的方式进行刻画，因此，基于前者的估值模型就称为离散估值模型，如 CreditMetrics 模型；基于后者的估值模型就称为连续估值模型，如 KMV 模型。

### **三、当前主要信用风险管理模型的模式与比较研究**

在本部分中，我们将对当前主要的信用风险管理模型的特征和结构、度量风险的参数和方法、模型的创新性与缺陷等进行比较研究。

#### **（一）KMV 模型**

KMV 模型以 Black-Scholes 的期权定价理论为依据，认为公司的破产概率在很大程度上取决于公司资产价值与其负债大小的相对关系以及公司资产市价的波动率，当公司的市场价值下降到一定水平以下时公司就会对其债务违约。它将股票价值看作是建立在公司资产价值上的一个看涨期权，用公司股价的波动率来估算公司资产价值的波动率，主要通过计算预期违约频率 EDF(Expected Default Frequency)，即借款者在正常的市场条件下在计划期内违约的概率，来衡量信用风险的大小。详见图 3。

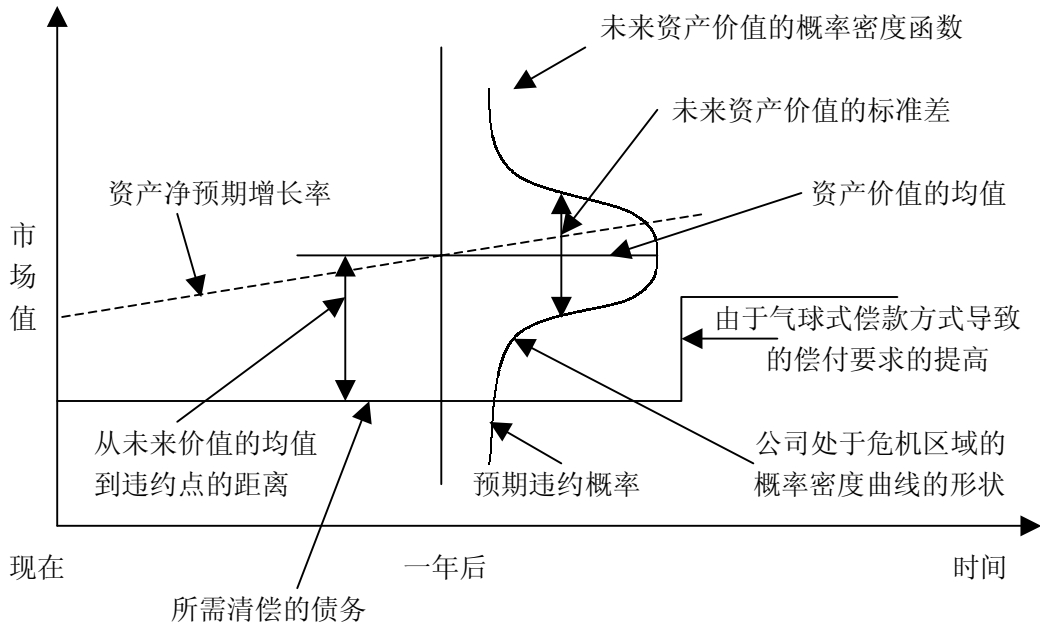


图3 KMV模型简图

资料来源：KMV corporation (1993)。

### 1. 模型介绍

具体而言，确定某一借款人的 EDF 值主要有以下三个步骤：

首先，利用 Black-Scholes 公式，从公司股票的市场价值 (E)、股价的波动率 ( $\sigma_e$ ) 及负债账面价值 (D)，估计出公司的市场价值 (V) 及其波动率 ( $\sigma_a$ )。

$$E = VN(d_1) - De^{-rt}N(d_2)$$

$$\sigma_e = N(d_1)V\sigma_a / E$$

其中 t 为到期时间；r 为无风险利率；N 为标准正态分布累计概率函数。

这里  $d_1$ 、 $d_2$  分别为：

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{V}{D}\right) + \left(r + \frac{1}{2}\sigma_a^2\right)t}{\sigma_a\sqrt{t}}$$

$$d_2 = d_1 - \sigma_a\sqrt{t}$$

其次，根据公司的负债确定公司的违约点(据违约的实证分析，KMV 发现违约发生最频繁的分界点是在公司价值大约等于流动负债+50%的长期负债时)，并根据公司的现有价值，以及据资产回报的历史数据所确定的资产净预期增长率，计算出公司的预期价值，从而确定该公司的违约距离 DD:

$$DD = \frac{E(V) - \hat{D}}{E(V) \sigma_a}$$

其中， $E(V)$  表示期望资产价值， $\hat{D}$  表示违约点。

设  $E(V) = 100$ ， $\hat{D} = 80$ ， $\sigma_a = 0.1$ ，则  $DD = 2$

最后，根据 KMV 数据库，违约距离为 2 的公司有 5000 个，其中有 20 个在一年后发生违约，则  $EDF_{1\text{年}} = 20/5000 = 0.4\%$

对于评级机构的转移矩阵，KMV 通过分析认为：评级机构变化级别缓慢，导致历史平均的原级滞留概率要比实际的大，而且历史平均违约概率也大于信用级别中典型的真实违约概率(中位数表征)，从而导致其他的转移概率都偏小。因此，KMV 公司也曾利用 EDF 分段离散构造出与他们的结论相吻合的信用级别转移概率矩阵。

KMV 模型没有给出资产组合价值远期分布的估计，而是分析了一定期限内资产组合的损失分布。出于简化的目的，假设所有债券在时刻  $T (> H)$  到期。那么在时刻  $H$ ，资产组合损失定义为无违约风险情况下的资产组合价值和有违约风险情况下的价值之差： $L = V_{H/ND} - V_H$ 。KMV 认为在保证投资组合充分分散化和其他一些简化条件的假设前提下，资产组合的损失分布近似为高度倾斜和尖峰的反正态分布(Normal Inverse Distribution)。

## 2. 模型评价

KMV 法是基于现代公司理财和期权理论的“结构性模型”，由于它是基于股票的市场数据为基础，将市场信息融入模型中，可以适用于任何公开招股的公司，并具有很好的前瞻性。但与此相对，由于莫顿模型假定一旦管理人

员采纳了某一合适的债务结构就不再变化，因此 KMV 法也是静态的，难以准确地衡量那些财务杠杆比率不断发生变化的企业的风险大小。同时，模型所需要的关于公司资产价值以及资产收益波动率的数据都无法从现实市场中直接观察到，只能利用股权数据来估计，难以检验其准确性。并且，如果没有资产收益正态性的假定就难以构造理论上的 EDF；而要想计算出非上市私人企业的 EDF，也只有基于借款企业的财务数据和其他可观察的特征进行某些可比性分析才行，从而影响了模型预测结果的准确性。

## **(二) CreditMetrics 模型**

CreditMetrics 模型认为企业信用等级的变化才是信用风险的直接来源，而违约仅仅是信用等级变迁的一个特例。它假定信用评级体系是有效的，由于信用工具(包括债券和贷款等)的市场价值在很大程度上取决于债务发行企业的信用等级，因此，根据信用评级转移矩阵所提供的信用工具信用等级变化的概率分布，同时根据不同信用等级下给定的贴现率，就可以计算出该信用工具在各信用等级上的市场价值，从而得到该信用工具市场价值在不同信用风险状态下的概率分布。从本质上说，也就是通过确定信用资产的期望值和标准差来计算某一确定的置信水平上该信用资产的 VaR 值，从而达到衡量资产信用风险大小的目的。它不仅可以用于单一资产信用风险的测量，而且可以用于多种资产组合信用风险状况的计算，其主要框架如图 4 所示：

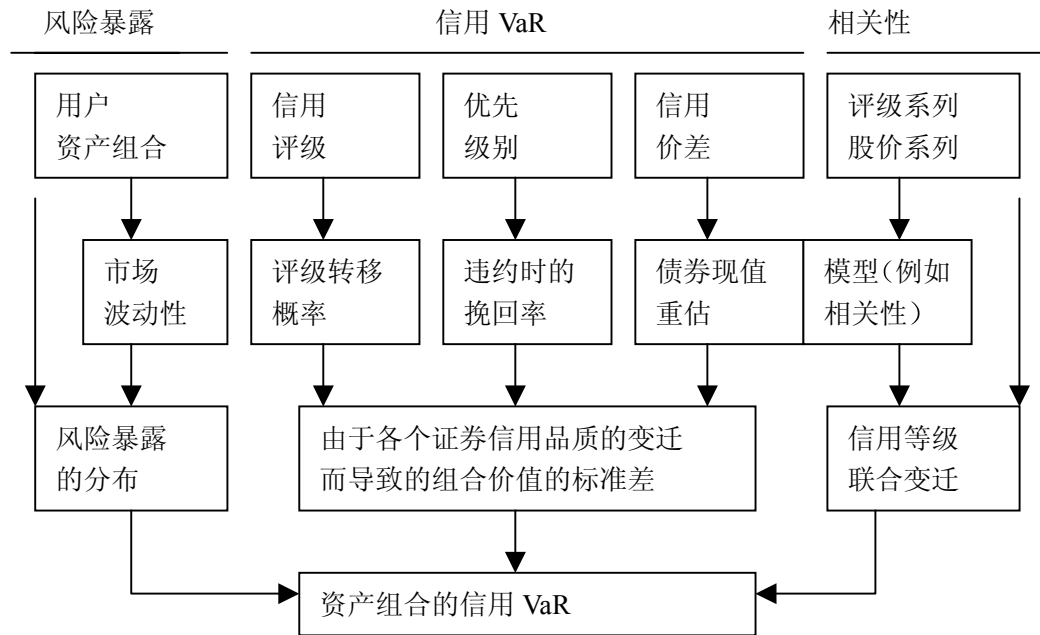


图 4 CreditMetrics 分析框架

资料来源: J.P.Morgan (1997), CreditMetrics - Technical Document。

### 1. 模型介绍

以一项金额为 1 亿美元, 年利率为 6% 的 5 年期 BBB 级固定利率贷款为例, 简单说明一下 Creditmetric 模型的基本思想。详见表 1。

此外, CreditMetrics 模型的一个重要特点就在于它是从资产组合而不是单一资产的角度来看待信用风险的, 因此可以用于衡量组合的集中信用风险值, 即未来一定时间内, 因信用事件而引起的证券或贷款组合资产价值的潜在变化量。我们知道, 衡量一项组合的集中信用风险大小, 不能仅仅将组合内每一信用工具的个别信用风险进行简单加总, 还必须考虑到不同信用工具之间风险的相关性。因此, 在 CreditMetrics 模型中主要借用不同信用工具之间市场价值变化的相关系数, 利用马柯威茨资产组合管理分析法, 由单一的信用工具市场价值的概率分布, 进一步推导出整个投资组合的市场价值的概率分布。在求投资组合中不同债务人资产之间的相关度时, CreditMetrics 模

型先构造了不同国家产业之间的相关度模型，使用各个国家证券市场的综合指数和行业指数来进行分析。然后根据每个债务人在国家和产业中的参与程度，分配权重。运用指数相关度和权数一道来计算债务人之间的相关度。

整个投资组合的市场价值的期望和标准差可以表示为：

$$E(R_p) = \sum_{i=1}^n x_i E(R_i)$$

$$\sigma_p^2 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n x_i x_j Cov(R_i, R_j)$$

表 1 BBB 级贷款的 VaR 的计算(基准点是贷款的均值)

年末信用评级	信用状态的 概率(%)	新贷款价值加 利息/亿美元	概率加权的 价值/亿美元	价值偏离均值 的差异/亿美元	概率加权 差异的平方
AAA	0.02	1.0937	0.0002	0.0228	0.0010
AA	0.33	1.0919	0.0036	0.0210	0.0146
A	5.95	1.0866	0.0647	0.0157	0.1474
BBB	86.93	1.0755	0.9349	0.0046	0.1853
BB	5.30	1.0202	0.0541	(0.0506)	1.3592
B	1.17	0.9810	0.0115	(0.0899)	0.9446
CCC	0.12	0.8364	0.0110	(0.2345)	0.6598
违约	0.18	0.5113	0.0009	(0.05596)	5.6358
			1.0709=均值		8.9477=
					价值的方差

$\sigma$  = 标准差 = 299 万美元

假设正态分布： 5%的 VaR =  $1.65 \times \sigma = 493$  万美元

1%的 VaR =  $2.33 \times \sigma = 697$  万美元

假设实际分布： 5%的 VaR = 实际分布的 95% =  $1.0709 - 1.0202 = 0.0507$

1%的 VaR = 实际分布的 99% =  $1.0709 - 0.9810 = 0.0899$

注： 5%的 VaR 近似地由 6.77%的 VaR 给出(也就是 5.3%+1.17%+0.12%+0.18%)，

1%的 VaR 近似地由 1.47%的 VaR 给出(也就是 1.17%+0.12%+0.18%)。

资料来源： J.P. Morgan, CreditMetrics—Technical Document, April 2, 1997, p.28。

## 2. 模型评价

CreditMetrics 模型最突出的特点就在于它把人们对信用风险的认识仅仅局限于违约情况的传统思想，转移到了包括信用等级变迁在内的新情形，第一次将信用等级的转移、违约率、回收率、违约相关性纳入了一个统一的框架，全面地考虑对信用风险的度量。在模型的适用范围上也几乎涵盖了所有传统的信贷产品，包括传统的商业贷款、信用证和承付书、固定收入证券、商业合同(如贸易信贷和应收账款)等。

但该方法也存在着以下一些缺陷：(1)模型中违约率直接取自历史数据平均值，但实证研究表明，违约率与宏观经济状况有直接关系，不是固定不变的，在经济高速增长阶段，违约率较低；而在经济衰退时期，违约率则很高。(2)模型假定转移概率在不同的借款人类型之间，以及在经济周期的不同阶段都是稳定的。但最新的经验数据表明降级和违约的概率对于经济周期的状态高度敏感，降级和违约的概率在经济低迷时期要比高涨时期高很多，因此事实上经济状态在信用评级转移中起关键性作用，从而在一定程度上削弱了模型的准确性。(3)资产收益服从正态分布的假设，以及企业资产收益之间的相关度等于公司证券收益之间相关度的假设都有待进一步的研究和验证。(4)模型中假定无风险利率是固定不变的，影响投资组合价值的只有各种信用事件，市场风险对于投资组合价值没有影响。

## 3. KMV 模型与 CreditMetrics 模型比较

KMV 模型和 CreditMetrics 模型是目前国际金融界最流行的两个信用风险管理模型。但前者属于 DM 模型，后者则属于 MTM 模型。而且两者在建模的基本思路也有相当大的差异，主要表现在以下几个方面：

(1)KMV 模型不使用信用评级机构提供的统计数据来确定违约概率。而是利用默顿的违约证券估价模型，根据不同公司的资本结构、资产收益波动率和公司资产价值来确定该公司特有的 EDF 值，充分反映了公司信用价差、信用等级等市场信息。而 CreditMetrics 模型对企业信用风险的衡量来自于对

该企业信用评级变化及其概率的历史数据的分析，认为同一信用等级公司违约概率相同，不同信用等级公司违约概率是历史数据平均值，这两个假设对于计算结果的精度影响较大。

(2) KMV 模型对企业信用风险的衡量指标 EDF 主要来自于对该企业股票市场价格变化的实时行情分析，可以及时地反映市场预期和企业信用状况的变化。因此，KMV 模型被认为是一种前瞻性 (Forward-Looking) 的模型。而 CreditMetrics 主要依赖信用状况变化的历史数据，其所借助的企业信用评级体系往往在相当长的一段时间内保持静态的特征。因此属于向后看 (Backward-Looking) 的模型。

(3) KMV 模型不象 CreditMetrics 模型那样计算或模拟组合的价值分布，而是通过组合的损失分布来计算信用 VaR 值。在资产价值的计算方面，KMV 模型应用了期权定价理论，因此所得到的是连续的 DM 模型；而 CreditMetrics 对金融工具信用质量变化的刻画采用的是离散的等级形式，属 MTM 模型。

(4) 就贷款估值方法的选择而言：CreditMetrics 模型采用的是合同现金流贴现法 (Discounted contractual cash flow approach)，而 KMV 模型采用的则是风险中性估值法 (Risk-neutral valuation approach)。

在 CreditMetrics 模型中，贷款的市场价值用公式可以表示为：

$$P = \sum_{i=0}^{n-1} \left[ \frac{C}{(1+r_i+s_i)^i} \right] + \frac{F}{(1+r_i+s_i)^{n-1}}$$

其中，C 表示贷款年利息额，F 代表贷款本金， $r_i$  表示第 i 年后的远期无风险利率，它可以通过现行国债收益曲线计算得出， $s_i$  表示某一信用等级 i 年期贷款的年信用风险溢酬，它可以通过公司债券收益率与国债收益率曲线计算得出。在美国有专门的咨询公司（如 Bridgeand Company）计算不同信用等级与期限贷款的信用风险溢酬 ( $s_i$ )，并且每周更新一次。J.P. 摩根的信用风险溢酬数据资料便来自于此。而当贷款违约时，估计的则是借款人宣布破产时贷



款的残值或挽回值（也就是 1 减去给定违约概率下的损失率 LGD）

而 KMV 模型中对债券的折现不是采用简单的现金流折现方法，而是先将债券现值分成无风险部分和有信用风险部分，再进行汇总。基本计算公式为：

$$PV = (1 - LGD) \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{(1+r_i)^{t_i}} + LGD \sum_{i=1}^n \frac{(1-Q_i)C_i}{(1+r_i)^{t_i}}$$

PV 为债券现值，LGD 为违约时的损失， $C_i$  为现金流， $Q_i$  是累积风险中性 EDF，对 EDF 进行修正后得到。式中第一项为无风险部分现值，第二项为信用风险部分现值。

### （三）CreditRisk+模型

CreditRisk+方法是由瑞士信贷银行(Credit Suisse Financial Products, CSFP)于 1996 年推出的一个违约风险的统计模型。主要以保险精算科学为基础，假定违约遵从泊松过程，而与公司的资本结构无关。利用违约率的波动性来估计客户信用等级变化的不确定性以及违约的相关性，并进一步生成债券和贷款投资组合的损失分布，以计算应提列的授信损失准备。

#### 1. 模型介绍

模型假定在给定期限内，违约次数的概率分布服从泊松分布：

$$P(n) = \frac{\mu^n e^{-\mu}}{n!}, \quad n = 0, 1, 2, \dots; \mu : \text{期望违约次数}$$

由于每一次违约损失额不同，对于整个投资组合来说，损失分布将不再遵循泊松分布。为求得损失分布，CreditRisk+模型先将投资组合中每笔贷款风险暴露按大小分组，组内贷款暴露相同，因此，每组损失分布将遵循泊松分布，然后将各组损失汇总，就得到整个投资组合的损失分布。

将每笔贷款风险暴露近似到组，即风险暴露近似为该组标准暴露值  $v_j$  ( $1 \leq j \leq m$ ,  $m$  为组数) 乘以暴露单位  $L$ 。设  $j$  组投资组合期望损失为  $\varepsilon_j$  (单位  $L$ )，其期望违约次数为  $\mu_j$ ， $A$  代表一项贷款，则：

$$\mu_j = \frac{\varepsilon_j}{V_j} = \sum_{A: V_A=V_j} \frac{\varepsilon_A}{V_A}$$

每组贷款构成的投资组合概率生成函数  $G_j(z)$  为:

$$G_j(z) = \sum_{n=0}^{\infty} P(\text{loss} = nL) z^n = \sum \frac{e^{-\mu_j} \mu_j^n}{n!} z^{nV_j} = \exp\left(-\mu_j + \mu_j z^{V_j}\right)$$

整个投资组合概率生成函数  $G(z)$  为:

$$G(z) = \prod_{j=1}^m \exp\left(-\mu_j + \mu_j z^{V_j}\right) = \exp\left(-\sum_{j=1}^m \mu_j + \sum_{j=1}^m \mu_j z^{V_j}\right)$$

然后, 我们可得整个投资组合的单期损失分布式为:

$$P(\text{loss} = nL) = \frac{1}{n!} \left. \frac{d^n G(z)}{d z^n} \right|_{z=0}$$

## 2. CreditRisk+模型与 CreditMetrics 模型比较

CreditRisk+与 CreditMetrics 相比, 两者在目标和理论基础方面都直接形成对照:

首先, CreditMetrics 旨在估计投资组合的充分的 VaR, 把信用等级的升降和相应的信用价差的变化都看做是一笔贷款的 VaR 风险暴露数量的一部分, 重点度量预期到的价值和未预期到的价值变化 (VaR), 属于盯市 (MTM) 模型; 而 CreditRisk+ 则把价差风险看做是市场风险而不是信用风险的一部分, 仅考虑了违约和不违约这两种状态, 集中于估计预期到的和未预期到的损失, 属于违约 (DM) 模型。

其次, 在 CreditMetrics 中, 任何一年的违约概率都是离散的, 而在 CreditRisk+ 中, 违约率被处理为一个连续的随机变量, 并充分考虑了违约率的波动性。

最后, 尽管 CreditMetrics 和 CreditRisk+ 都可以用来衡量集中信用风险, 计算为弥补风险所需的资本值, 但两者在估算的方法上有所不同。前者是以 VaR

为核心的量化风险管理系统，主要通过不同信用工具在独立基础上所计算出的基本信用风险，来推算整体组合的集中信用风险；后者则是在信用评级框架下计算每一级别的平均违约率和违约波动，并结合风险敞口的大小，推算整体的损失分布和所需资本值。

### 3. 模型评价

CreditRisk+最主要的优势就在于只需要相当少的数据输入(比如主要输入数据仅为贷款违约率、违约率波动率和风险暴露，而不需要风险溢酬方面的数据)，就可以计算出每位债务人的边际风险贡献度以及整个投资组合的违约损失分布。

其主要局限也在于它不是充分估值的 VaR 模型。(1)由于模型中假设每位债务人的风险暴露是固定的，从而忽略了信用等级变动和其他情况变化(例如未来利率走势)对每位债务人风险暴露的影响性。(2)分组时，对每笔贷款暴露进行近似，从而将高估投资组合损失的方差。(3)违约率波动率不能直接获得，需要用结构性模型从其它市场数据中获得。(4)同 CreditMetrics 模型和 KMV 模型一样，CreditRisk+模型也没有考虑市场风险，无法处理象期权这类非线性金融工具所产生的信用风险。

#### (四) 麦肯锡公司的 Wilson 模型

麦肯锡公司的 Wilson 模型(1997)即信贷组合观点(Credit Portfolio View)是一种通过计量经济学和蒙特卡罗模拟来分析组合风险和回报的方法。与 CreditMetrics 相比,其最大的改进就在于把宏观因素(包括系统的和非系统的,如失业率、GDP 增长率、长期利率水平、汇率、政府支出和储蓄水平等)对于违约概率和相关联的评级转移的影响纳入了模型,通过模拟宏观因素对于模型的冲击来测定转移概率的跨时演变,这样可以得到未来每一年的不同的转移矩阵,在此基础上运用 CreditMetrics 的方法计算出不同经济周期的 VaR,从而克服了 CreditMetrics 模型中由于假定不同时期的转移概率是静态的和固

定的而引起的偏差，可以说是对 CreditMetrics 的一种补充。

### 1. 模型介绍

Credit Portfolio View 模型对违约概率的计算表达式如下：

$$P_{j,t} = \frac{1}{1 + e^{-Y_{j,t}}}$$

其中， $P_{j,t}$  是在时刻  $t$ ，债务人  $j$  的条件违约概率， $Y_{j,t}$  是由以下的多因素模型给出的宏观经济指数：

$$Y_{j,t} = \beta_{j,0} + \beta_{j,1} X_{j,1,t} + \dots + \beta_{j,m} X_{j,m,t} + V_{j,t}$$

其中， $Y_{j,t}$  是  $t$  时期的  $j$  国家/行业/群体的指数值； $\beta_j = (\beta_{j,0}, \dots, \beta_{j,m})$  是  $j$  国家/行业/群体的估计系数； $X_{j,t} = (X_{j,1,t}, X_{j,2,t}, \dots, X_{j,m,t})$  是  $t$  时期  $j$  国家/行业/群体的各种宏观经济变量， $V_{j,t}$  是独立于  $X_{j,t}$  的残差项，遵循均值为 0，方差为  $\sigma_j^2$  的正态分布。Credit Portfolio View 中假定各个宏观经济变量服从 AR2 模型：

$$X_{j,i,t} = \gamma_{j,i,0} + \gamma_{j,i,1} X_{j,i,t-1} + \gamma_{j,i,2} X_{j,i,t-2} + e_{j,i,t}$$

其中， $X_{j,i,t-1}$ 、 $X_{j,i,t-2}$  代表宏观经济变量  $X_{j,i,t}$  的滞后值， $\gamma_j = (\gamma_{j,i,0}, \gamma_{j,i,1}, \gamma_{j,i,2})$  为估计的系数， $e_{j,i,t}$  为独立同分布的残差项， $e_{j,i,t} \sim N(0, \sigma_{e_{j,i,t}})$ 。

此外，Credit Portfolio View 还利用它的观点对评级机构的转移矩阵进行调整：由于债务人的违约概率在经济衰退期高于均值，降级变动增加，升级变动减少；在经济高涨期正好相反，即：

$$\frac{SDP_t}{\theta SDP} > 1, \text{衰退期}; \frac{SDP_t}{\theta SDP} < 1, \text{高涨期},$$

其中  $SDP_t$  是每个群体债务人的主动违约概率， $\theta SDP$  是无条件违约概率。所以，Credit Portfolio View 模型用上式调整转移概率，以产生一个依赖于

经济状况的多期转移矩阵  $M_T$  :

$$M_T = \prod_{t=1,2,\dots,T} M \left( \frac{p_{jt}}{\theta_{SDP}} \right)$$

同样利用 Monte Carlo 模拟，Credit Portfolio View 模型就可以产生任何信用级别的债务人在任何时期的转移概率分布。

## 2. 模型评价

Credit Portfolio View 模型和 KMV 模型所应用的方法同样都是基于经验观察，即违约和转移概率都随时间变化。但 KMV 模型主要是从微观经济角度研究债务人的违约概率和相关资产市值，而 Credit Portfolio View 模型则主要运用宏观经济中的因素与违约和转移概率相联系。除此之外，它还具有以下一些特点：(1) 它清晰地给出了实际的离散的损失分布，更为符合现实生活中的情形；(2) 它可以衡量具有流动性(例如可在次级交易市场交易的信用商品或契约)和不具流动性(例如一般贷款)的风险暴露，并且对两者的风险损失都采用了盯市的度量方法；(3) 它可以同时衡量某一投资组合的系统性风险与非系统性风险，既可适用于单个债务人的情况，也可适用于一群债务人的情况，还可以在每一个国家应用于不同的群体和来自不同行业各种类别的债务人，具有广泛的适应性。

Credit Portfolio View 模型的局限性主要体现在：(1) 模型的系数有赖于每个国家甚至国家内部的每个行业的违约数据。(2) 对转移矩阵的调整过程很特别，但这种调整方式是否比简单的贝叶斯方法优越却不得而知，或许也可以纳入利用先验信息的贝叶斯方法的框架。

### (五) 四大模型基本思想及方法比较小结

KMV、CreditMetrics、CreditRisk+和 Credit Portfolio View 这四个模型是当今国际上最具代表性的金融机构内部模型。Saunders(1999)、Crouhy(2000)、巴塞尔银行监管委员会(Basle Committee on Banking Supervision)(1999)、

Lopez 及 Saidenberg(2000)等都对这些模型之间的异同作了比较,发现这些模型之间的实质差异并非象表述形式的差别那么大。Gordy(2000)专门对 CreditMetrics 与 CreditRisk+两个模型进行了深入的比较分析认为,尽管这两个模型表面上存在着极大的差异,但两者的基本数学结构却是类似的,两种模型所描述的分布的尾部当置信水平很高时,其分位数是近似的,即具有一致的尾部结构。现将以上四个模型在 6 个关键维度上的异同点归纳为表 2。

至于在实践中该选择运用哪一个模型则主要取决于信用风险资产组合的性质,风险管理的范围和要求,以及数据的可获得性。对于主要依赖于公司特有数据的异质资产组合(Heterogonous Portfolios),则结构性模型比较适合;对于具有潜在流动性债券市场的资产组合,则简约式模型具有较大的优势;对于同质资产组合(Homogenous Portfolios)的风险管理者,如果不关注评级转移风险,则计算相对简便的以保险精算为基础的信用风险模型就足够了;对于高度依赖于经济状况的同质资产组合,则宏观经济类模型是最优的选择。

表 2 四大模型比较<sup>8</sup>

比较的维度	KMV 模型	CreditMetrics	CeditRisk+	Wilson 模型
1. 风险的定义	DM	MTM	DM	MTM
2. 风险趋动因素	资产价值	资产价值	预期违约率	宏观因素
3. 信用事件 的波动性	可变	不变	可变	可变
4. 信用事件 的相关性	多变量正态	多变量正态	独立假定或与预期 违约率的相关性	因素负载 factor loadings
5. 挽回率	不变或随机	随机	在频段内不变	随机
6. 计算方法	解析	模拟或解析	解析	模拟

<sup>8</sup> 参见: [美]安东尼·桑德斯著,刘宇飞译,2001,《信用风险度量:风险估值的新方法与其他范式》,机械工业出版社。

而就研究方法来说,传统的风险计量模型主要建立在多元统计分析方法基础上,如多元回归分析模型、多元判别分析模型(MDA)、多元逻辑回归(Logit)分析模型、多元概率比回归(Probit)法、因子-logistic法和近邻法等,其缺陷主要在于过于严格的前提条件,如应用MDA必须满足多元正态分布、等协方差、已知先验概率和误判代价等要求,使得现实中大量数据严重违背了这些假定。引入对数变换虽可在一定程度上改进数据的非正态分布,但一方面变换后的变量可能失去经济解释含义,另一方面仍没有满足等协方差阵的要求;应用二次判别分析(QDA)虽可解决等协方差阵问题,但一方面没有满足正态性假定,另一方面当数据样本小、维数高(指标多)时QDA的性能明显下降(样本少、维数高正是我国信用数据的显著特点)。特别是,实证结果还表明QDA对训练样本效果较好,而对测试样本并不理想。

Logit模型无需假定任何概率分布,也不要求等协方差性,但当样本点存在完全分离时,模型参数的最大似然估计可能不存在,模型的有效性值得怀疑。近邻法不要求数据正态分布,但当数据的维数较高时,存在所谓的“维数祸根(Curse of Dimensionality)”,这就使得“利用空间中每一点附近的样本点来构造估计”的近邻法很难使用。

随着信息技术的发展,人工智能技术,如神经网络技术(NN)、分类树等被引入信用风险评估。神经网络是从神经心理学和认识科学研究成果出发,应用数学方法发展起来的一种并行分布模式处理系统,具有高度并行计算能力、自学能力和容错能力。然而神经网络的最大缺点是其工作的随机性较强,要得到一个较好的神经网络结构,需要人为地去调试,非常耗费人力与时间,因此应用受到了很大的限制。而且Altman(1995)在对神经网络法和判别分析法的比较研究中发现“神经网络分析方法在信用风险识别和预测中的应用,并没有实质性的优于线性判别模型”。因此,到目前为止,尽管NN是一种对数据分布无任何要求的非线性技术,它能有效解决非正态分布、非线性的信用评估问题,但由于不具有较好的解释性,同时还存在结构确定的困难性、

训练样本集大和训练效率低下等问题，因此实际中往往只被作为一种“校验性”的辅助方法。

分类树方法较统计模型从直观上更易理解，但随着问题的复杂性增加，决策树模型经常出现的组合爆炸（Combination Explosion）导致构造的决策树过于复杂而难以理解，且容易造成模型的过度拟合。

此外，迄今为止，从实证角度对各个信用风险模型进行系统比较分析的文章还很少。Gordy(2000)和 Crouhy(2000)在对各模型进行模拟的基础上分别在各自的文章中指出，各种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 的研究集中于对 CreditRisk+ 模型和 CreditMetrics 模型比较。他在研究中对 CreditMetrics 模型进行了简化，假设债务人或者违约或者履约，没有其他的信用级别变动。他指出，使用相同的数据，不同的衡量方法具有广泛的可比性。Crouhy 比较了四种不同的信用风险模型。引用的数据是一个涵盖不同国家、不同到期日和不同信用质量、包含 13 种通货的标准债券投资组合。研究结果显示各模型评估的结果极其相似，最高的仅比最低的高 50%。目前唯一将信用风险模型应用于对实际资产组合风险损失估计研究的仅有 Nickell(1998) 等人。但是其结果却是令人沮丧的，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对银行及金融机构进行评估时效果很差。看来根据本国实际研究适用的信用风险模型还路途遥远。



### 第三章 动态信用风险模型研究

#### 第一节 信用风险与市场风险的不可分性

在当前的监管环境中，BIS（1996）对“特定风险”的要求是必须“准确地”衡量“集中风险”、“价差风险”、“降级风险”以及“违约风险”。目前对信用风险经济资本的分配中也通常是假定信用风险与其他的风险如市场风险等相分离，分别计算不同风险的 VaR 再加总。在 2001 年 1 月 16 日颁布的《新巴塞尔资本协议》（草案）中关于资本充足率的计算公式为：

$$\text{银行资本充足率 } CA = \frac{\text{总资本要求 } TCR}{\text{总风险加权资产 } TRWA} \geq 8\%$$

其中：总风险加权资产  $TRWA =$  信用风险加权资产  $CRWA$   
 $+$  市场风险资本要求  $CRMR \times 12.5$   
 $+$  操作风险资本要求  $CROR \times 12.5$

这主要是由于难以准确地估计市场风险与信用风险之间的相关性，只能保守地假定其完全正相关，在一定程度上是合理的，但却无法令人满意。经济学基本理论告诉我们，市场风险和信用风险之间有着内在的固有的联系，是无法截然分开的。许多共同的经济因素同时影响着市场风险暴露、违约概率和损失的挽回率。这些经济因素之间有着不同的相关性，可能为正也可能为负。因此新协议中的资本充足率规定往往被认为是过于保守的。市场风险与信用风险的不可分性还表现在：例如，如果公司资产的市场价值突然发生变化——产生市场风险——这将影响违约概率——导致信用风险。反之，如果违约概率突然发生了变化——导致信用风险——这将影响公司的市场价值——产生市场风险。具体而言：

首先，信用价差同时与市场风险和信用风险相关。价差波动可能是由于资

本市场中均衡条件的改变继而影响所有信用评级的信用价差，也可能是由于借款人信用质量的提升或下降，还可能是由于以上两种情况同时发生。降级风险则是纯粹的信用价差风险。如果只是简单地将价差风险与降级风险相加总，必然导致重复计算。

其次，将信用价差变化中由市场风险与信用风险所驱动的因素相分离也与实际情况不符。因为通常市场参与者会在信用事件实际发生前就预期到其即将发生，因此，在信用评级机构对某一借款人降级或将其列入信用观察名单前，价差往往已经反映了新的信用状况。

第三，违约只是降级的一个特例，即信用质量已恶化到某一程度而使得借款人无法再履行偿还其债务的义务。因此，一个充分的信用 VaR 模型应该将评级变动风险（如信用价差风险）和违约风险纳入一个统一的框架中来考虑。

最后，反映在利率、股票指数、汇率、失业率等的变化中的市场和经济状况的变化也将影响公司的整体盈利能力，因此，对每一借款人有着不同的风险暴露、违约概率和信用评级转移概率。

通过对 KMV、CreditMetrics、CreditRisk+ 以及 Credit Portfolio View 这几个模型比较，我们发现所有这些模型都有一个共同的特征，即它们都假定利率和风险暴露都是外部确定的且没有同时考虑市场风险和信用风险。这些方法假设利率不变，尽管这对于评估简单的债券和贷款的信用风险的监管资本要求是合理的，但却无法准确地测量互换和其他衍生产品的信用风险。为了测量衍生证券的信用风险，下一代的信用风险模型必须至少允许随机波动的利率，或可能的话，也允许随机波动的违约和信用评级转移概率，其主要依赖于经济状况，如利率水平和股市状况等。事实上，正如 Crouhy（2000）所指出的那样，信用风险分析的最终框架要求必须是市场风险和信用风险的完全整合。但到目前为止，还没有任何一种方法已经达到了这一复杂阶段。

总之，市场风险和信用风险的不可分性将会影响经济资本的确定，这不仅对监管者有着极为重要的意义，而且也将影响同一银行内用来衡量不同部门

业绩的风险调整资本收益的大小。将两者截然分离的做法是目前已有的信用风险量化方法的一个主要缺陷。因此，本文尝试在结构性模型的基础上，允许利率随机波动，建立起一个新的动态信用风险管理框架。

## 第二节 以利率波动为基础的动态信用风险模型

### 一、模型基本假设

假设 1:  $V$  代表公司资产的总价值，遵循几何布朗运动， $r$  代表短期无风险利率，遵循 Vasicek (1977) 过程：

$$\frac{dV}{V} = rdt + \sigma dW$$

$$dr = \alpha(m - r)dt + \beta dZ$$

其中  $\sigma$ 、 $\alpha$ 、 $m$ 、 $\beta$  均为常数， $W$  和  $Z$  都是标准的 Wiener 过程， $dW$  和  $dZ$  之间的瞬时相关性为  $\rho dt$ 。

假设利率遵循 Vasicek 过程，可以与许多已观测到的利率的性质相吻合。尽管这一过程中难以避免利率出现负值，但由于以下一些理由，这一假设在本模型框架中仍是合理的：(1) 负利率出现的概率对实际的参数值而言是极小的；(2) 在当前利率为正值的情况下，这一过程也隐含着未来利率的预期值也为正。这一点很重要，因为在以下的证明过程中我们会看到  $r$  的影响主要是通过其未来预期价值实现的。当然，我们也可以假设利率遵循其他更一般的过程，但可能只能得到数值解。

假设 2: 我们假设这是一个完美的，无摩擦的市场。证券按连续时间进行交易。公司价值独立于公司的资本结构。

这是 MM 定理的标准假设。该假设也隐含着，资本结构的变化（如息票和本金的支付）对  $V$  没有影响。这一点很容易得到满足。例如，息票和本金可以通过发行新的债务来支付。这一假设中所隐含的另一个概念是公司的资

本结构不随时间而改变。这一点也是合理的。因为在这个无摩擦的连续时间框架内，公司没有激励去改变其资本结构。我们允许公司资本结构可以由不同的或有索取权构成，包括不同的息票率、优先程度和到期日的债务。

假设 3: 遵循 Black and Cox (1976)，我们假设某一临界值  $K$ ，在这一点上公司发生财务危机。即：只要  $V > K$ ，公司就不会违约；只要  $V$  一达到  $K$ ，公司立即陷入财务困境，对其所有债务均违约。

这一假设所隐含的一个重要概念是：违约对所有的债务合约是同时发生的。这一点也很符合实际。因为当一家公司对某一债务违约时，由于相互违约条款、本金加速偿还条款以及禁止其发行其他新的债务对息票支付进行偿还，将使其对其他所有的债务都违约。

假设 4: 在某一证券有效期内，若公司发生违约，则该证券持有者所获金额为： $(1-w) \times$  该证券到期时的面值。 $(1-w)$  称为挽回率。

## 二、模型推导

1. 设  $\rho = 0$ ，即  $dW$  和  $dZ$  相互独立，则公式推导：

(1) 在  $T$  时刻，根据 Vasicek (1977)：

$$r_T = m + e^{-\alpha(T-t)}(r_t - m) + \beta \int_t^T e^{-\alpha(T-s)} dZ_s$$

$$E_t(r_T) = E(r_T | r_t) = m + e^{-\alpha(T-t)}(r_t - m)$$

$$Var_t(r_T) = Var(r_T | r_t) = \frac{\beta^2}{2\alpha} [1 - e^{-2\alpha(T-t)}]$$

$$\therefore r_{T|t} \sim N \left[ m + e^{-\alpha(T-t)}(r_t - m), \frac{\beta^2}{2\alpha} [1 - e^{-2\alpha(T-t)}] \right]$$

$$\xrightarrow{T \rightarrow \infty} r_\infty \sim N \left( m, \frac{\beta^2}{2\alpha} \right)$$

(2)  $\overline{r_w}$  表示 t 到 T 期间 r 期望的平均值, 则

$$\begin{aligned}\overline{r_w} &= \frac{1}{T-t} \int_t^T E(r_s) ds \\ &= \frac{1}{T-t} \int_t^T [m + e^{-\alpha(s-t)}(r_t - m)] ds \\ &= \frac{1}{T-t} \left[ m(T-t) + (r_t - m) \left( -\frac{1}{\alpha} \right) (e^{-\alpha(T-t)} - 1) \right] \\ &= m + \frac{r_t - m}{\alpha(T-t)} [1 - e^{-\alpha(T-t)}]\end{aligned}$$

(3) 在 T 时刻:

$$\begin{aligned}\frac{dV_T}{V_T} &= r_T dt + \sigma W_t \\ \Rightarrow d \ln V_T &= \left( r - \frac{\sigma^2}{2} \right) dt + \sigma dW_t \\ \Rightarrow \int_t^T d \ln V_T &= \left( r - \frac{\sigma^2}{2} \right) (T-t) + \sigma (W_T - W_t) \\ \Rightarrow \ln \frac{V_T}{V_t} &= \left( r - \frac{\sigma^2}{2} \right) (T-t) + \sigma (W_T - W_t) \\ \Rightarrow V_T &= V_t e^{\left( r - \frac{\sigma^2}{2} \right) (T-t) + \sigma (W_T - W_t)}\end{aligned}$$

(4) 求期望:

$$\begin{aligned}E_t(V_T) &= E(E(V_T | r_w)) \\ &= E \left( E \left( V_t e^{\left( r - \frac{\sigma^2}{2} \right) (T-t) + \sigma (W_T - W_t)} \middle| r_w \right) \right) \\ &= E \left( V_t e^{\left( r - \frac{\sigma^2}{2} \right) (T-t)} E \left( e^{\sigma (W_T - W_t)} \right) \right)\end{aligned}$$

若某一变量  $y \sim N(\mu, \sigma^2)$ , 则

$$E(e^y) = e^{E(y) + \frac{1}{2}Var(y)} = e^{\mu + \frac{1}{2}\sigma^2}$$

所以：

$$\begin{aligned} E_t(V_T) &= E\left(V_t e^{\left(r_w - \frac{\sigma^2}{2}\right)(T-t)} e^{\frac{\sigma^2}{2}(T-t)}\right) \\ &= E\left(V_t e^{r_w(T-t)}\right) \\ &= V_t E\left(e^{r_w(T-t)}\right) \end{aligned}$$

用  $\bar{r}_w$  代替  $r_w$ ，则

$$\begin{aligned} E_t(V_T) &= V_t e^{\bar{r}_w(T-t)} \\ &= V_t e^{m(T-t) + \frac{(r_t - m)}{\alpha} [1 - e^{-\alpha(T-t)}]} \end{aligned}$$

(5) 求方差：

$$\begin{aligned} E_t(V_T^2) &= E\left(E(V_T^2 | r_w)\right) \\ &= E\left(E\left(V_t^2 e^{2\left(r_w - \frac{\sigma^2}{2}\right)(T-t) + 2\sigma(W_T - W_t)} | r_w\right)\right) \\ &= E\left(V_t^2 e^{-\sigma^2(T-t)} E\left(e^{2r_w(T-t) + 2\sigma(W_T - W_t)}\right)\right) \\ &= E\left(V_t^2 e^{-\sigma^2(T-t)} e^{2r_w(T-t)} E\left(e^{2\sigma(W_T - W_t)}\right)\right) \\ &= V_t^2 e^{-\sigma^2(T-t)} E\left(e^{2r_w(T-t)} e^{2\sigma^2(T-t)}\right) \\ &= V_t^2 e^{-\sigma^2(T-t)} E\left(e^{2r_w(T-t)}\right) e^{2\sigma^2(T-t)} \\ &= V_t^2 e^{\sigma^2(T-t)} e^{2\bar{r}_w(T-t)} \\ &= V_t^2 e^{\sigma^2(T-t)} e^{2\left[m + \frac{r_t - m}{\alpha}(1 - e^{-\alpha(T-t)})\right](T-t)} \\ &= V_t^2 e^{\sigma^2(T-t) + 2m(T-t) + \frac{2(r_t - m)}{\alpha}[1 - e^{-\alpha(T-t)}]} \end{aligned}$$

故：

$$\begin{aligned}
 Var_t(V_T) &= E_t(V_T^2) - (E_t(V_T))^2 \\
 &= E(E(V_T^2|r_W)) - \left[ E(E(V_T|r_W)) \right]^2 \\
 &= V_t^2 e^{\sigma^2(T-t) + 2m(T-t) + \frac{2(r_t - m)}{\alpha} [1 - e^{-\alpha(T-t)}]} \\
 &\quad - V_t^2 e^{2m(T-t) + \frac{2(r_t - m)}{\alpha} [1 - e^{-\alpha(T-t)}]} \\
 &= V_t^2 e^{2m(T-t) + \frac{2(r_t - m)}{\alpha} [1 - e^{-\alpha(T-t)}]} \left[ e^{\sigma^2(T-t)} - 1 \right]
 \end{aligned}$$

(6) 求  $V_T$  的分布：

令  $t=0$ ,  $V_0=1$ , 则

$$\begin{aligned}
 E(V_T) &= e^{mT + \frac{r_0 - m}{\alpha} (1 - e^{-\alpha T})} \\
 Var(V_T) &= e^{2mT + \frac{2(r_0 - m)}{\alpha} (1 - e^{-\alpha T})} (e^{\sigma^2 T} - 1)
 \end{aligned}$$

设  $V_T$  服从对数正态分布, 则

$$\ln V_T \sim N \left( \left( E(V_T) - \frac{Var(V_T)}{2} \right) T, \quad Var(V_T) T \right)$$

2. 对于  $\rho \neq 0$  的情况, 我们用数值的方法, 利用蒙特卡罗模拟给出  $V_T$  的分布:

将原方程改写为离散的形式, 可得:

$$\begin{aligned}
 V_{t+\Delta t} &= V_t e^{(r_t - \frac{1}{2}\sigma^2)\Delta t + \sigma\phi_1\sqrt{\Delta t}} \\
 r_{t+\Delta t} &= r_t e^{-\alpha\Delta t} + m(1 - e^{-\alpha\Delta t}) + \beta\phi_2\sqrt{(1 - e^{-2\alpha\Delta t})/(2\alpha)}
 \end{aligned}$$

其中  $\phi_1$  与  $\phi_2$  的相关系数为  $\rho$

根据林海、郑振龙（2003）对中国市场利率动态模型分析所估计出的参数，假设上式中  $\alpha = 0.014$ ， $m = 2.25\%$ ， $\beta = 0.07\%$ 。同时假设  $r_0 = 3\%$ ， $\sigma = 0.2$ ， $V_0 = 200$ ， $\Delta t = 1/360 = 0.00278$ ， $K = 150$ ， $\rho = -0.4$ 。则运用蒙特卡罗模拟，可得：

当  $\rho$  分别等于  $-0.4$  和  $0$  时，1 年后公司资产价值分布的直方图如图 5，图 6 所示，而当  $\rho = -0.4$ ，假设利率不变（即均为初始利率  $r_0 = 3\%$ ）时，1 年后公司资产价值分布的直方图如图 7 所示。通过表 3 的比较可知，当  $\rho = -0.4$  时，公司资产价值低于 150（违约临界线）的概率明显高于当  $\rho = 0$  时的情况，可见利率波动与公司资产价值波动的相关性对公司的违约概率有很大的影响。而当  $\rho = -0.4$  时，尽管利率波动与利率不波动对公司 1 年后价值分布的频率影响并不显著，主要原因在于假设利率遵循 Vasicek 过程就意味着利率长期来看具有均值回复的现象，而且由于参数选择（中国市场利率参数估计）的缘故，此处 Vasicek 过程中利率的波动率  $\beta$  仅为  $0.07\%$ ，波动率不大导致的。但从表 3 中我们仍可看出，在利率波动的情况下，公司价值的均值仍明显低于利率为常数的情况。



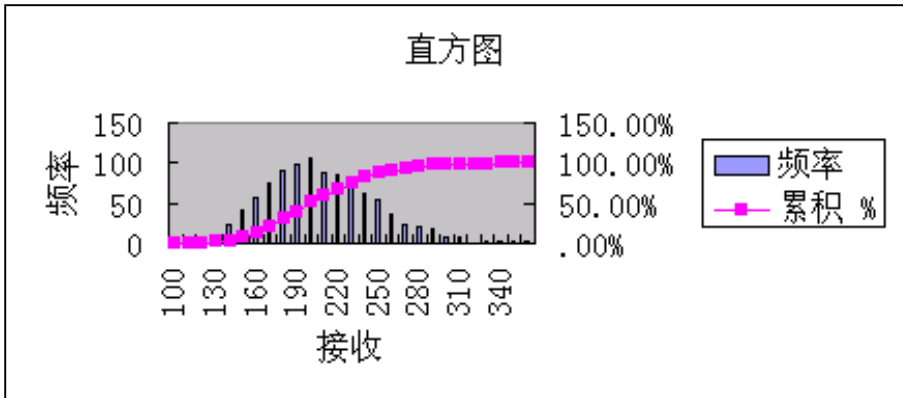


图 5  $\rho = -0.4$ , 利率波动情况下, 1年后公司资产价值分布直方图

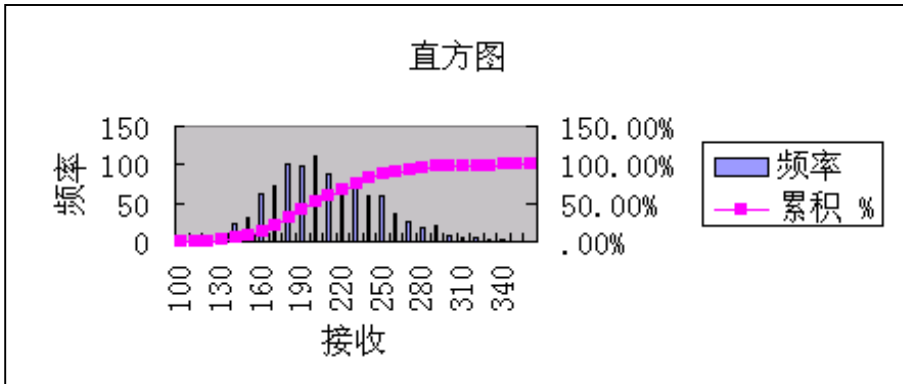


图 6  $\rho = 0$ , 利率波动情况下, 1年后公司资产价值分布直方图

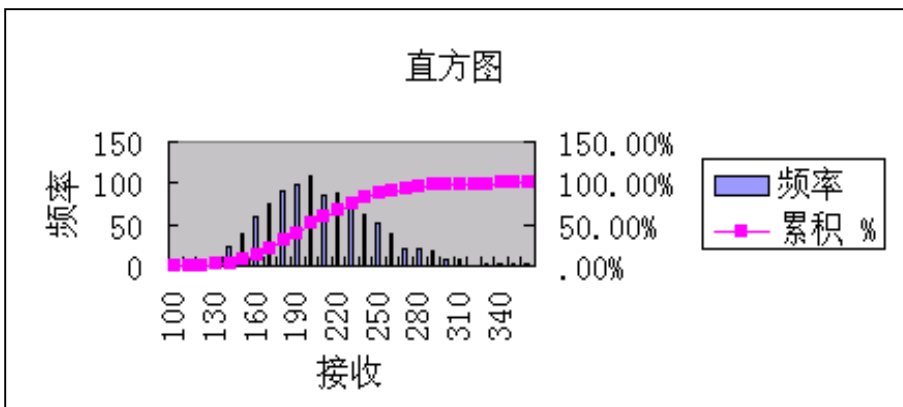


图 7  $\rho = -0.4$ , 利率不波动情况下, 1年后公司资产价值分布直方图

表3 公司资产价值分布比较

公司资产价值	利率波动的情况				利率不波动的情况	
	$\rho = -0.4$		$\rho = 0$		$\rho = -0.4$	
	频率	累积%	频率	累积%	频率	累积%
100	0	0.00	1	0.10	0	0.00
110	3	0.30	1	0.20	3	0.30
120	3	0.60	4	0.60	2	0.50
130	8	1.40	11	1.70	9	1.40
140	22	3.60	22	3.90	22	3.60
150	41	7.70	31	7.00	40	7.60
160	58	13.50	61	13.10	59	13.50
170	75	21.00	73	20.40	75	21.00
180	91	30.10	101	30.50	91	30.10
190	99	40.00	97	40.20	97	39.80
200	107	50.70	112	51.40	109	50.70
210	87	59.40	87	60.10	86	59.30
220	86	68.00	74	67.50	88	68.10
230	82	76.20	83	75.80	80	76.10
240	61	82.30	59	81.70	63	82.40
250	54	87.70	59	87.60	53	87.70
260	37	91.40	36	91.20	38	91.50
270	22	93.60	25	93.70	21	93.60
280	21	95.70	17	95.40	21	95.70
290	17	97.40	20	97.40	17	97.40
300	9	98.30	8	98.20	9	98.30
310	8	99.10	6	98.80	8	99.10
320	0	99.10	4	99.20	0	99.10
330	3	99.40	3	99.50	3	99.40
340	2	99.60	3	99.80	2	99.60
350	2	99.80	1	99.90	2	99.80
其他	2	100.00	1	100.00	2	100.00
资产价值均值	203.426		203.471		203.438	

### 三、模型应用——信用风险与债券价值

由于利率波动对公司整体价值影响，使得公司的违约率发生了变化，从而对公司债券的价值产生了较大的影响。以下假设该公司发行的 1 年期无息票债券的当前市场价格为 95 元，购买者 1 年后可按票面价值获得 100 元的偿付。但若这一年内只要公司的资产价值低于 150，则公司就会对其所有债务违约，违约情况下该债券的挽回率为 50%。

利用上述模拟的一年内每天的利率及公司资产价值数据，对债券的到期价值进行折现，可得债券现值的分布为：

1. 不进行违约判断，即假设没有违约风险的情况下，则债券现值分布的直方图如图 8 所示。从图中可知，债券现值比较均匀地分布在 97.07 元的附近，债券现值低于 95 元的概率为 0。

2. 根据  $\rho$  分别等于  $-0.4$  和  $0$  时不同的公司资产价值进行违约判断，则债券现值分布的直方图如图 9，图 10 所示。从表 4 可知，当  $\rho = -0.4$  时债券价格低于 95 元的概率为 14%，当  $\rho = 0$  时债券价格低于 95 元的概率为 13.7%。均存在较大的信用风险。

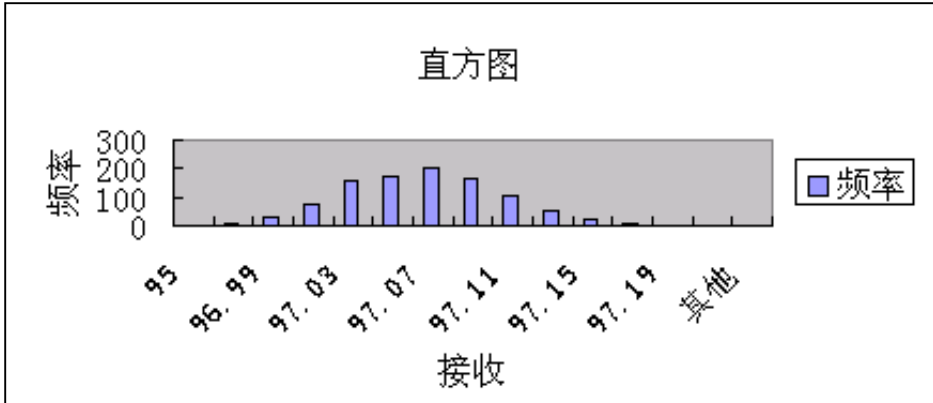


图 8 假设无违约风险情况下，债券现值分布的直方图

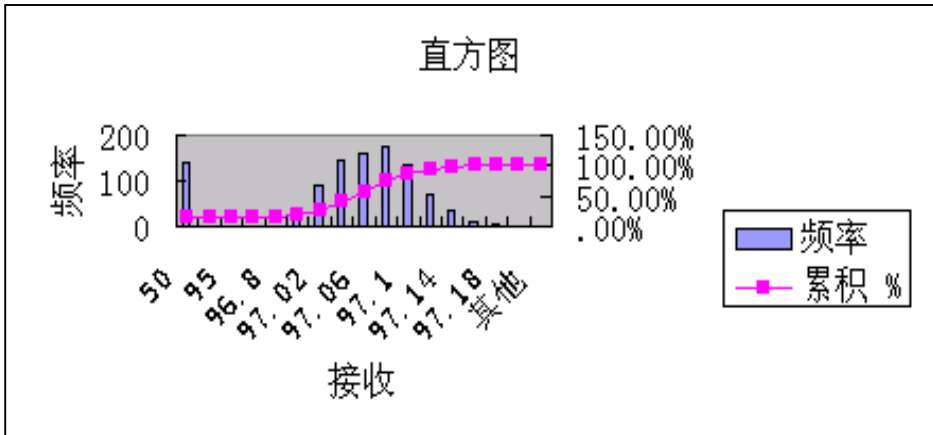


图 9  $\rho = -0.4$ ，利率波动，有违约风险情况下，债券现值分布直方图

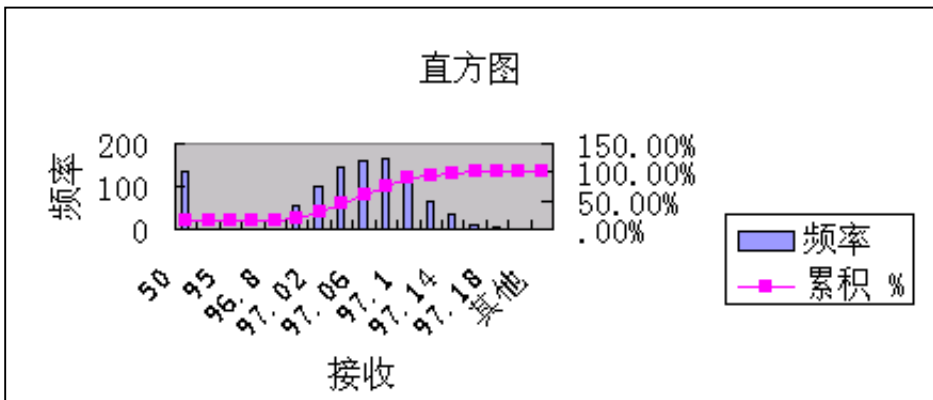


图 10  $\rho = 0$ ，利率波动，有违约风险情况下，债券现值分布直方图

表 4 债券现值分布比较

债券现值	无违约风险		有违约风险			
	利率波动		$\rho = -0.4$ , 利率波动		$\rho = 0$ , 利率波动	
	频率	累积%	频率	累积%	频率	累积%
50.00	0	0.00	140	14.00	137	13.70
55.00	0	0.00	0	14.00	0	13.70
95.00	0	0.00	0	14.00	0	13.70
96.50	0	0.00	0	14.00	0	13.70
96.80	0	0.00	0	14.00	0	13.70
97.00	63	6.30	39	17.90	56	19.30
97.02	118	18.10	89	26.80	100	29.30
97.04	174	35.50	144	41.20	146	43.90
97.06	179	53.40	159	57.10	160	59.90
97.08	193	72.70	174	74.50	167	76.60
97.10	143	87.00	134	87.90	123	88.90
97.12	78	94.80	71	95.00	64	95.30
97.14	37	98.50	35	98.50	33	98.60
97.16	10	99.50	10	99.50	9	99.50
97.18	3	99.80	3	99.80	3	99.80
97.20	2	100.00	2	100.00	2	100.00
其他	0	100.00	0	100.00	0	100.00
债券现值的均值	97.056		90.335		90.477	

#### 四、模型存在的问题及可能的改进

1. 由于中国市场上估计出的利率波动率参数较小,利率变动对公司资产价值变动的的影响不够显著。

2. 模型假设公司资产价值的变动是连续的,实际上,公司资产价值有可能因为遭受突然的损失而发生急剧的改变,即存在着跳跃性(Jump),从而低估了违约风险。由于跳跃风险的存在,公司可以由于其价值的突然下跌而瞬

时之间违约，因此，如果在违约过程中加入跳跃风险，借用包含了跳跃风险的信用模型就可以与实际的公司债券信用价差的大小相匹配，并能产生不同形状的收益价差曲线和边际违约率曲线。

3. 根据 Altman (1989) 的研究发现，违约发生时的挽回率与违约前的信用评级之间有着一定的相关性，因此我们也可尝试将违约发生时的挽回率与公司违约时的资产价值相联系起来，从而更能与实际情况相符。

4. 利率变动采用 Vasicek 过程就有可能出现负利率，可以通过对数转换加以改进，也可以采用更为一般化的过程。

5. 由于实际数据的缺乏，难以对模型进行有效性评估和检验。

总之，现代意义上的信用风险包括了因交易对手信用水平和履约能力变化而使投资组合中资产价格下降进而造成损失的风险，这种风险显然也是一种市场风险，因此，现代意义上的信用风险与市场风险有重叠的部分。本文提出的以利率波动性为基础的信用风险衡量的一个动态量化框架，便是对综合测量市场风险与信用风险的一个有益尝试。

## 第四章 信用风险量化管理发展展望

### 第一节 信用风险量化模型进一步发展必须解决的主要问题

由于信用风险收益分布的有偏性，以及观察数据少，不易获取，难以进行有效性检验等特征使得其在量化和模型管理上显得更加困难。因此，总体而言，国外对于信用风险模型的研究尚处于早期阶段，现有模型还具有诸多的缺陷。比如相关参数的主观设定不尽合适；某些类型的风险被忽略；对相关模型缺乏系统和全面的经验验证等。

而目前，国内对于信用风险模型的研究更是仅处于起步阶段，仅有少数学者对此做了一些有益的尝试，如王春峰等(1998、1999a、1999b、2000 和 2001)先后运用组合预测思想，投影寻踪判别分析法和遗传规划方法建立起有关的信用风险评估模型，并提出了一种小样本情况下的信用风险评估建模技术——Cross-Validation 法，简称 CV 法，提高了有限样本的使用效率，减少了预测的偏差。张维等（2000）探讨了递归分类树在信用风险分析中的应用，梁琪（1999 和 2000）就组合理论、宏观经济环境与信用风险度量和管理的关系做了有关的研究，田宏伟等（2000）提出了以市场波动性为基础的信用风险的一个动态量化框架，邹新月等（2001）运用典型多元判别分析法对我国上市公司的信用风险进行了评估，韩立岩等（2002）运用模糊随机方法对公司的违约风险进行了预测研究，但都还不尽如人意，难以适应加入 WTO 后我国金融机构防范和化解信用风险的迫切需要。

通过对现有模型的深入比较分析，我们发现在其较大的表面差异之下，其基础性的数学结构却有着极大的相似性，只要在几个关键维度上加以协调就有可能导致相当相似的对于未预期到的损失的预测。正如在市场风险的模型化这一领域里已经发生的那样，在不久的将来推出一个为多数人所接受的更

为完善的信用风险计量模型也不是不可能的。但要建立更为完善和成熟的信用风险量化模型，首先必须重点解决以下问题：

### 一、信用损失计量范式的选择

如前所述，根据对信用损失的不同理解，信用风险计量模型可以分为 DM 模型(如 KMV 模型)和 MTM 模型(如 CreditMetrics 模型)，尽管 DM 模型具有所需数据输入少等优点，但盯市范式 (MTM) 可以根据借款人信用状况的变化相应调整信用资产价值，从而更准确地计量和反映信用风险的变化，必然是未来发展的趋势。

### 二、信用资产估值方法的选择

目前大多数模型都采用下述两种估值方法中的一种：合同现金流贴现法 (CreditMetrics 所采用)和风险中性估值法(KMV 模型所采用)。前者尽管简单明了，容易操作，但却无法体现同一信用等级下优先和次级贷款的信用风险差异，也无法体现同一信用等级上与市场关联度不同的信用资产的风险差异。后者则能较好地克服以上缺陷，贷款价值最终取决于损失率 LGD，等于基于借款人资产价值的或有要求权(即衍生产品)的现值。

### 三、模型的参数估计和有效性检验

对于银行家和监管者而言，最关键的问题就是内部模型的确认和预测的准确性。但由于信用模型参数规模庞大且极为复杂，同时由于贷款的周期性较长，难以获得充分有效的历史数据，在建模时不得不采用一些简化问题的假设和主观判断，使得模型的有效性受到很大的影响。同样由于数据的局限，也使得对模型进行返回测试 (Back-Testing)和压力测试更加困难。Lopez(2000)对此进行了有益的尝试，通过跨部门重新抽样 (Cross-Section Resampling) 的技术，利用截面数据 (Panel Data) 对信用风险模型的有效性进行评估。



## 第二节 信用风险管理的现状及发展趋势

### 一、与定性分析相结合，信用风险管理定量化

传统信用风险评估更多的倚重于定性分析和经理者的主观经验和判断，然而，近几年来，信用风险量化管理模型得到了很高的重视和飞速的发展，这使得横向间比较不同投资品种的信用风险度成为可能，为风险监控和决策指标化提供了技术依据。

### 二、以个体风险分析为基础，重视投资组合的风险衡量，强调考察边际风险贡献

因为在实际的经营管理过程中，每笔投资的风险固然重要，但是投资组合的整体风险才真正反映其所面临的实际风险，更具考察意义。而且由于资产之间的相关性，在进行投资决策时，不仅要考虑新投资的绝对风险水平，更应重点考察新投资的加入给原有投资组合带来的边际风险贡献的大小。现代风险评估技术已经从对单一资产的评估扩展到对资产组合的评估，通过将不同债务人的相关系数引入模型，计算联合违约概率或联合评级转移概率，获得投资组合的整体信用在险价值和各种投资的边际风险贡献，为信用风险的综合衡量和有效管理提供了技术上的支持。

### 三、注重持续性的信用状况跟踪监控和动态管理

信用风险量化管理模型和技术的发展，使得组合管理者可以每天根据市场和交易对手的信用状况变化情况及时调整投资，以使风险暴露水平处于可接受的范围内，满足即时监控风险的管理需要。同时信用衍生产品市场的发展也使得组合管理者拥有了更加灵活有效的信用风险管理工具，可根据其自身的风险偏好，通过信用衍生产品的交易对信用风险的承担水平进行动态调整。

#### 四、信用衍生产品迅速发展，信用风险对冲手段开始出现

信用衍生产品(Credit Derivatives)是 20 世纪 90 年代信用风险管理的最新发展，主要指以贷款或债券的信用状况为基础资产的衍生金融工具。它大大增强了投资者调节和管理信用风险的灵活性，甚至为一些投资者带来了新的利润增长点。由于传统的信用风险管理手段（主要包括分散投资、防止授信集中化、加强对借款人的信用审查，要求其提供抵押或担保等）需要大量的人力和物力投入，并且由于其固有的局限性使得其只能在一定程度上降低信用风险水平，而很难使投资者完全摆脱信用风险，无法适应现代信用风险管理发展的需要。因此，90 年代以来，随着信用衍生产品的广泛发展，在市场力量的推动下，信用风险对冲管理手段开始走到信用风险的最前沿，并开始推动整个风险管理体系不断向前发展。

### 第三节 信用衍生工具及其信用风险的衡量方法

80 年代以来，随着金融市场上市场风险的与日俱增，衍生工具因其在金融投资、套期保值行为中的巨大作用而获得了飞速的发展，尤其充实拓展了银行的表外业务。然而这些旨在规避市场风险应运而生的衍生工具又蕴藏着新的信用风险。如利率互换和货币互换虽能减少利率风险，但却要承担互换对方的违约风险。此外随着场外市场期权交易的发展，其违约风险也日益增加。因此，衍生工具的信用风险的管理也日益受到各国金融监管当局的重视。

所谓的衍生工具，是指其价值依赖于基本标的资产价格的金融工具，大致可以分为利率衍生工具和信用衍生工具。前者按其风险—收益特征可以分为对称性衍生工具（如远期、期货和互换）和非对称性衍生工具（如期权）；后者主要通过采用分解和组合技术改变资产的整体风险特征，如信用互换、信用期权以及信用远期等。按照其价值的决定因素可以分为三类：一类是基本的信用衍生工具，它的价值主要取决于违约概率的期限结构，如总收益互

换 (Total Return Swap, TRS), 纯粹信用互换 (Credit Default Swap, BDS); 第二类是一揽子信用互换 (Basket Default Swap, BDS), 它的价值与纳入篮子中的信用体的相关性有关; 第三类是信用价差期权 (Credit Spread Option, CSO), 它的价值取决于信用价差的波动性<sup>9</sup>。

原则上, 本文前面讨论的方法对衍生工具信用风险的测量仍有一定的用武之地, 因为交易对手陷入财务困境始终都是引起合同违约的最重要的一个原因。但衍生工具的信用风险与表内业务仍存在着许多不同之处, 主要在于: 首先, 即使交易对手陷入财务困境, 也只可能对虚值合同 (履约带来负价值的合同) 违约而会力求履行所有的实值合约 (履约带来正价值的合同), 因此衍生工具合约的无违约价值对交易对手而言必须为负值; 其次, 在任一违约概率水平上, 衍生工具结算一般采用轧差方式, 其违约遭受的损失往往低于同等金额的贷款违约的损失。鉴于此, 研究者相继提出许多计量模型, 但主要集中在互换和期权两类衍生工具上, 最具代表性的有下列三种。

### 一、风险敞口等值法 (Risk Equivalent Exposure, REE)

风险敞口等值法(REE)是贯穿于衍生工具信用风险衡量的核心方法。这类方法是以估测信用风险敞口价值为目标, 考虑了衍生工具的内在价值和时间价值, 并以特殊方法处理的风险系数建立了一系列 REE 计算模型。既有以衍生工具交易的名义本金和合同价值为基础的 REE 模型, 也有以衍生工具类别和组合策略为基础的 REE 模型。其中风险系数是衍生工具交易的名义本金转化为风险敞口等值的核心工具。依据投资者的风险偏好, 可计算 4 种概念的风险敞口等值; 即到期风险敞口等值、平均风险敞口等值、最坏情况风险敞口等值和期望风险敞口等值以度量信用风险的高低。

国际清算银行 (BIS) 为保证银行的资本反映它所承担的风险, 在区分交易所衍生合约 (由于存在结构化的清算中枢使得合约的信用风险近似为零)

<sup>9</sup>参见: 段兵, 2002, “信用风险管理的工程化趋势及应用”, 《国际金融研究》, 第 6 期, P12-18。

和柜台合约（OTC）的基础上，通过以下模型来计算信用风险的敞口等值：  
(1) 加总潜在风险敞口数量和现行风险敞口数量得到合约的信用等价数量，其中潜在风险敞口数量用名义面值乘以转换因子得到，转换因子按合约期限分为利率合约和外汇合约两类，现行风险敞口数量即为合约的盯市价值（MTM）与 0 中的较大者。(2) 将上述信用等价数量乘以合适的风险权重（现行为 50%）就得到衍生合约按风险调整之后的资产数量。(3) 该资产数量乘以 8% 得到衍生合约的最低监管资本要求。

## 二、模拟法

模拟法是一种计算机集约型的统计方法。根据 CreditMetrics 的风险价值模型，理论上，衍生合约的价值可以看作是没有违约风险的交易对手之间的净现值与由于信用风险而导致的预期损失之差。在 CreditMetrics 中预期损失等于平均的风险敞口数量乘以累计的违约概率再乘以给定违约概率下的损失。为测定未来每年的风险敞口数量，通常是利用蒙特卡罗模拟过程模拟出影响衍生工具价值的关键随机变量的可能路径和交易过程中各时点或到期时的衍生工具价值。经过成百上千次的反复计算得出一个均值。衍生工具的初始价值与模拟平均值之差就是对未来任一时点和到期信用风险敞口值的一个度量。通过模拟各种可能条件下的衍生工具的价值得到其价值分布，从而就可以计算衍生工具的在险价值（VaR）。

## 三、敏感度分析法

衍生工具交易者通常采用衍生工具价值模型中的一些比较系数，如 Delta, Gamme, Vega 和 Theta 来衡量和管理头寸及交易策略的风险。敏感度分析法就是利用这些比较值通过情景分析 (Scenario Analysis) 或应用风险系数来估测衍生工具价值。其最终目的仍是估算出风险敞口等值 (REE)，只是估算中采用的系数不同。如 Ong(1996) 主要采用 Delta 和 Gamme 来估算 REE，

Mark(1995)则使用上述所有系数，并运用情景分析获得衍生工具的新价值<sup>10</sup>。

#### 第四节 我国商业银行信用风险管理的现状及对策研究

由于我国金融市场不够发达，可供选择的投资工具比较缺乏。我国银行，特别是处于主体地位的国有商业银行，其金融业务还主要集中于存贷款等传统银行业务，这一以信贷业务为主的银行业务现状决定了我国的金融风险必然是以信用风险为主。而且这些信用风险产生的原因又极其复杂，受众多因素的影响，难以精确定义与预测，从而给管理工作带来了极大的困难。

加入 WTO 后，国内商业银行将面临着更为严峻的考验。一直以来我国商业银行大量的信贷资产质量低下，不良贷款比率严重偏高(参见表 5 的数据)。尽管从 1999 年起，国家对四大国有商业银行不良资产实行了剥离政策，但目前建行、工行和中国银行的不不良贷款比率仍比人行规定的 15%的控制水平要高。这说明政策性的剥离不良资产措施只能部分地解决不良资产的存量问题，而不能很好地解决增量问题，要从本质上改善信贷资产的质量，商业银行必须从自身的信贷风险管理的角度来采取强有力的措施。

表 5 五级分类法下三大国有银行不良贷款情况表<sup>11</sup>

	2001 年（不良贷款）		2000 年（不良贷款）		1999 年（不良贷款）	
	余额 （亿元）	比率 （%）	余额 （亿元）	比 率 （%）	余额 （亿元）	比率 （%）
中国建设银行		19.35		20.27		
中国工商银行	7919.89	29.78	8309.99	34.43		
中国银行	4049	26.07	4096.04	27.20	6054.59	37.42

资料来源：中国建设银行、中国工商银行、中国银行 2000 年和 2001 年年报

<sup>10</sup>参见：张玲，张佳林，2000，“信用风险评估方法发展趋势”，《预测》，第 4 期，P74—75。

<sup>11</sup>参见：孙洪娟，2002，“商业银行信用风险分析的主要技术”，《统计研究》，第 10 期，P58

同时，金融风险不仅是一个行业问题，而且是一个社会问题，因此，信用风险管理不仅是商业银行的内部管理事务，而且也是一个需要社会共同参与的系统工程。由于目前的信用风险评估模型都是基于西方的市场状态创建的，而我国正处于市场经济的初期阶段，与西方市场存在较大的差异，因此西方技术在我国的实际运用受到较大制约。我们必须在不断改善外部环境的同时，逐步提高我国商业银行的信用风险评估技术水平：

1、完善资本市场，发展独立的信用评估中介机构，是发展信用风险评估技术的外部基础

根据理性经济人的假设，借款人倾向于隐瞒对自身不利的信息，因此商业银行跟踪借款人信用状况的变化，需要依赖相对独立于借款人的外部信号，以增强客观性和准确性。西方信用风险评估模型一般都是将一些公开市场要素作为跟踪借款人履约能力的指标。而我国目前，资本市场仍然存在着价格扭曲、透明度低等现象，信用评估中介机构刚刚起步，覆盖面小，公信力、权威性都较弱，因此这些市场指标尚未能作为借款人经营状况的信号，及时反映履约能力的变化，商业银行依然难以获得有效的外部信息用于评估，处于严重的信息不对称的不利地位，这成为信用风险管理的主要瓶颈之一。所以，要构筑信用风险评估技术发展的外部基础，当务之急是完善我国资本市场，按客观、公正和客户负法律责任的要求，发展和完善信用评估中介机构，强化其独立性并进一步发挥这些机构在专业性信用等级评估和客户信用征稽业务方面的积极作用，使其能够更好的提供客观、公正、及时的客户信用等级评估成绩，向社会公开提供数据资料，如信用等级迁移矩阵，以增强市场信号的力度和透明度。

2. 优化风险管理制度，是提高信用风险评估技术水平的内部基础

技术与管理相辅相成：没有先进的技术，管理水平无法提高；没有管理制度的配套，技术也无法发挥其应有的功效。因此，优化风险管理制度应与提高技术水平并行，建立、健全独立的金融机构内部风险监控制度，合理设置

不同层次的风险管理架构等。总之，量化信用风险的过程是一个系统性的工程，需要从管理、技术、人才、设备等各方面进行大量的软硬件资源的投入，从而掌握更先进的信用风险测定方法，适应更为严格和全面的风险管理要求。

### 3、大力发展数据库技术，建立信用风险评估的技术基础

现代商业竞争的关键就在于对有效信息的抓取、整理和分析，谁能最快地掌握并运用有效信息，谁就将赢得竞争的优势。数据库技术提供了信息整合的手段，不仅是量化信用风险的基础，而且无疑将成为未来商业竞争的基本技术元素。

4、根据投资类型的不同，选择适当的领域先引入量化分析技术，以便分步骤分阶段地最终建立整体的信用风险量化评估体系

现代商业银行的投资是多类型的。如按照投资品种分类，就可分为贷款、股权投资、债权投资等。现有的信用风险评估模型主要以企业和金融同业为评估对象，我国商业银行由于外部因素的制约，目前还不可能采用模型的方法对所有的企业客户进行信用风险评估，但对于金融同业客户的分析已经具备了一定的应用条件，因此只要有相应的技术手段配套，客观上就可以首先采用信用风险评估模型。此外，外汇资金运作属于批发银行业务，金额大，风险也大，因此也急需提高信用风险的量化评估水平。

在适当领域先引入信用风险评估模型，有助于商业银行逐步适应模型辅助决策的科学管理方式，逐步提高信用风险评估技术和管理水平，从而最终实现信用风险管理的科学化、标准化和制度化。

5. 可在人民银行内部或者货币政策委员会下设内部模型监测职能系统，以提高人民银行风险监管的科学性。

通过借鉴西方银行信用风险控制的方法，对信用风险模型进行科学的检验和相应的压力测试，以监测各家银行计算出的资本充足标准的科学性与准确性，并在此基础上建立起一套适应我国国情的信用风险评估体系，将是进一步量化我国现存的信用风险，加强信用风险管理的一个亟待解决的问题。

## 结 语

长期以来，信用风险都是金融市场上最基本、最古老也是危害最大的风险之一。尤其是 20 世纪 80 年代中期以后，随着经济和金融的全球化，信用规模和风险程度都呈指数式增长，信用风险问题受到了学术界和金融实业界广泛的关注。

本文从传统的信用风险衡量方法入手，在对当前四大信用风险量化管理模型（KMV、CreditMetrics、CreditRisk+及 Credit Portfolio View）的基本特征和结构、参数选择和方法、以及模型的创新性与缺陷等进行了详细比较研究的基础上，笔者发现现有主要信用风险量化模型共有的一大缺陷就在于它们均假定利率不变，从而没能同时考虑市场风险和信用风险。因此本文从信用风险与市场风险的不可分性这一经济学基本原理出发，提出了一个以利率波动性为基础的信用风险动态测量模型，并利用蒙特卡罗模拟对模型的应用加以说明，为最终实现信用风险与市场风险的综合测量和管理进行了有益的尝试。研究结果显示，在利率波动的情况下，公司价值的均值明显低于利率不变的情况，因此利率波动对公司价值进而对公司的违约概率有一定的影响。此外，利率波动与公司资产价值波动的相关性对公司的违约概率有较大的影响，从而对有违约风险的公司债券的现值影响较大。

在本文的最后，笔者还就信用风险量化模型的发展、信用风险管理的发展趋势以及信用衍生工具的风险管理等问题做了进一步的探讨，并对加入 WTO 后如何加强我国商业银行信用风险量化和管理提出了若干建设性建议。



## 参 考 文 献

### 中文期刊文献部分:

1. 陈咏新, 2002, “信用风险评估技术的发展特点及对我国商业银行的启示”, 《经济师》, 第 5 期, P52—53。
2. 程鹏, 吴冲锋, 李为冰, 2002, “信用风险度量和管理方法研究”, 《管理工程学报》, 第 1 期, P70—73。
3. 段兵, 2002, “信用风险管理的工程化趋势及应用”, 《国际金融研究》, 第 6 期, P12—18。
4. 韩立岩, 郑承利, 2002, “基于模糊随机方法的公司违约风险预测研究”, 《金融研究》, 第 8 期, P48—53。
5. 梁世栋, 郭欠, 李勇, 方兆本, 2002, “信用风险模型比较分析”, 《中国管理科学》, 第 1 期, P17—22。
6. 林海, 郑振龙, 2002, “中国市场利率动态模型分析”, 厦门大学研究报告。
7. 沈沛龙, 任若恩, 2002, “现代信用风险管理模型和方法的比较研究”, 《经济科学》, 第 3 期, P32—41。
8. 孙洪娟, 2002, “商业银行信用风险分析的主要技术”, 《统计研究》, 第 10 期, P57—59。
9. 王琼, 陈金贤, 2002, “信用风险定价方法与模型研究”, 《现代财经》, 第 4 期, P14—16。
10. 邹新月, 2002, “商业银行信用风险管理特征及其变化趋势”, 《技术经济》, 第 7 期, P23—25。
11. 王春峰, 康莉, 2001, “基于遗传规划方法的商业银行信用风险评估模型”, 《系统工程理论与实践》, 第 2 期, P73—79。
12. 王春峰, 李文华, 2001, “小样本数据信用风险评估研究”, 《管理科学学报》, 第 1 期, P28—32。
13. 邹新月, 李汉通, 2001, “运用典型多元判别分析法评估上市公司信用风险”, 《统计与决策》, 第 7 期, P21—22。
14. 陈忠阳, 2000, “信用风险量化管理模型发展探析”, 《国际金融研究》, 第 10 期, P14—19。
15. 梁琪, 2000, “应用组合理论管理信用风险浅析”, 《中国城市金融》, 第 6 期, P40—41。
16. 田宏伟, 张维, 2000, “信用风险的动态测量方法”, 《南开管理评论》, 第 1 期, P36—41。
17. 王春峰, 李文华, 2000, “商业银行信用风险评估: 投影寻踪判别分析模型”, 《管理

- 工程学报》，第2期，P43—46。
18. 张维，李玉霜，王春峰，2000，“递归分类树在信用风险分析中的应用”，《系统工程理论与实践》，第3期，P50—55。
  19. 张玲，张佳林，2000，“信用风险评估方法发展趋势”，《预测》，第4期，P72—75。
  20. 梁琪，1999，“宏观经济环境与信用风险度量和管理研究”，《南开经济研究》，第3期，P62—68。
  21. 王春峰，万海晖，张维，1999a，“组合预测在商业银行信用风险评估中的应用”，《管理工程学报》，第1期，P5—8。
  22. 王春峰，万海晖，张维，1999b，“基于神经网络技术的商业银行信用风险评估”，《系统工程理论与实践》，第9期，P24—32。
  23. 王春峰，万海晖，张维，1998，“商业银行信用风险评估及其实证研究”，《管理科学学报》，第1期，P68—72。
  24. 世界银行，1997，《新兴市场经济中的商业银行》，中国财经出版社。

### 中文图书部分：

1. [美]安东尼·桑德斯著，刘宇飞译，2001，《信用风险度量：风险估值的新方法与其他范式》，机械工业出版社。
2. [美]约翰·B·考埃特，爱德华·I·爱特曼，保罗·纳拉亚南著，石晓军，张振霞译，2001，《演进着的信用风险管理——金融领域面临的巨大挑战》，机械工业出版社。

### 英文文献部分：

1. Altman, E.I. (1968), “Financial Ratios, Discriminant Analysis and the Prediction of Corporate Bankruptcy”, *Journal of Finance*, p1-10.
2. Altman, E.I. (1989), “Measuring corporate bond mortality and performance”, *Journal of Finance* 44, p909-922.
3. Altman, E.I., and J.C. Bencivenga (1995), “A yield premium model for the high-yield debt market”, *Financial Analysts Journal (September/October)*, p49-56.
4. Altman, E.I., and Anthony Saunders (1997), “Credit risk measurement: Developments over the last 20 years”, *Journal of Banking & Finance* 21, p1721-1742.
5. Arvanitis, Angelo, and Jon Gregory (2001), *Credit: The Complete Guide to Pricing, Hedging and Risk Management*, Risk Waters Group Ltd, p2-6.

6. Barnhill Jr., Theodore M., and William F. Maxwell (2002), "Modeling correlated market and credit risk in fixed income portfolios" , *Journal of Banking & Finance* 26, p347-374.
7. Basle Committee (1996), *Amendment to the capital accord to incorporate market risks*, Basle Committee on Banking Supervision, Bank for International Settlements, Basle (January).
8. Basle Committee on Banking Supervision (1999), *Credit Risk Modeling: Current Practices and Applications*, Bank for International Settlements, Basle, Switzerland.
9. Basel Committee (2001), *The New Basel Capital Accord, Consultative Document*, Bank for International Settlements, Basel (January).
10. Black, Fischer, and Myron Scholes (1973), "The pricing of options and corporate liabilities", *Journal of Political Economy* 81, p637-659.
11. Black, Fischer, and J.C.Cox (1976), "Valuing corporate securities: Some effects of bond indenture provisions" , *Journal of Finance* 31, p351-367.
12. Chorafas, Dimitris N. (2000), *Credit derivatives and the management of risk*, Prentice Hall, Inc..
13. CreditMetrics (1997), *Technical Document*, J.P. Morgan.
14. Credit Suisse (1997), *Credit Risk Management Framework*, Credit Suisse Financial Products.
15. Crouhy, Michel, Dan Galai, and Robert Mark (2000), "A comparative analysis of current credit risk models", *Journal of Banking & Finance* 24, p59-117.
16. Crouhy, Galai, and Mark (2001), *Risk management*, The McGraw-Hill Companies, Inc.
17. Duffie, Darrell, and Kenneth Singleton (1997), "An econometric model of the term structure of interest-rate swap yields" , *Journal of Finance* 52, p1287-1321.
18. Duffie, Darrell, and Kenneth Singleton (1999), "Modeling term structures of defaultable bond" , *The Review of Financial Studies Special* 12, p687-720.
19. Gordy, Michael B. (2000), "A comparative anatomy of credit risk models" , *Journal of Banking & Finance* 24, p119-149.
20. Jarrow, Robert A., David Lando, and Stuart M. Turnbull (1997), "A markov model for the term structures of credit spreads" , *Review of Financial Studies* 10, p481-523.
21. Jarrow, Robert A., and Stuart M. Turnbull (2000), "The intersection of market and credit

- risk” , *Journal of Banking & Finance* 24, p271-299.
22. Jorion, Philippe (2001), *Value at risk*, Second Edition, The McGraw-Hill Companies, Inc..
  23. KMV Corporation (1993), *Credit Monitor Overview*, San Francisco California.
  24. Lando, David (1998), “On cox processes and credit risky securities” , *Review of Derivatives Research* 2,p99-120.
  25. Leland, H.E. (1998), “Presidential address: Agency costs, risk management, and capital structure” , *Journal of Finance* 53, p1213-1243.
  26. Longstaff, Francis A., and Eduardo S. Schwartz (1995), “A simple approach to valuing risky fixed and floating rate debt” , *Journal of Finance* 50, p789-819.
  27. Lopez, Jose A., and Marc R. Saldenberg (2000), “Evaluating credit risk models” , *Journal of Banking & Finance* 24, p151-165.
  28. Meissner, Gunter, and Kristian Nielsen (2001), “ Recent advances in credit risk management: A comparison of five models” , *Derivatives Use, Trading & Regulation Volume Eight*, p76-93.
  29. Merton, R. (1974), “On the pricing of corporate debt: the risk structure of interest rates” , *Journal of Finance* 29, p449-470.
  30. Nickell, P., Perraudin, W., and Varotto, S. (1998), *Ratings-versus equity-based credit risk models: an empirical investigation*, Bank of England working paper.
  31. Saunders, A. (1999), *Credit Risk Measurement: New Approaches to Value at Risk and other Paradigms*, John Wiley & Sons, Inc.
  32. Vasicek, O. (1977), “ An equilibrium characterization of the term structure” , *Journal of Financial Economics* 5, p177-188.
  33. Wilson, T.(1997), Portfolio Credit Risk (Part I and II). *Risk Magazine*, September and October.
  34. Zhou, Chunsheng (2001), “The term structure of credit spreads with jump risk” , *Journal of Banking & Finance* 25, p2015-2040.

## 后 记

弹指一挥间，我已经在厦门大学走过了最难忘的七年求学之路。我从内心深处一直都深深地感谢财金系的各位老师多年来对我的教育和培养，正是他们的循循善诱和言传身教才使我成长为一个真正的金融学子。

信用风险的量化与管理是近年来学术界和金融实业界广泛关注的一个问题，也是风险管理领域多年来争论的一个焦点，尤其对于处于新兴市场和转轨经济的我国商业银行而言更是有着特殊的重要意义。选择这一题目，对我而言是一次全新的尝试，也希望能对今后的研究有所裨益。

论文的完成特别要感谢我的导师郑振龙教授。从论文的选题、构思、收集资料、写作直至定稿的每一个环节，都得到了郑老师悉心的指导和帮助。尤其是这些年来，郑老师渊博的学识，儒雅的学者风范，严谨的治学态度，以及开拓进取、锐意创新的精神一直深深地鼓舞着我，并将继续影响着我以后的人生。同时要感谢所有关心我、支持我的同学和朋友，谢谢他们一直以来对我的鼓励和支持！

由于本文是一个尝试性的研究工作，再加上本人学识水平有限，文中的错误和纰漏在所难免，在论文的结构、分析方面也难免存在着粗糙与不妥之处，恳请各位老师批评指正。

**陈淼鑫**

2003年4月