

# 信用组合风险模型的构建及其应用\*

霍学喜, 张永娟

(西北农林科技大学 经济管理学院, 陕西 杨凌 712100)

[摘 要] 为了使当前流行的各种信用风险模型具有更高的相容性, 在系统风险因素和非系统风险因素区别的基础上, 建立了一个简单的信用组合风险模型。同时引进边际风险的概念, 将边际风险贡献与信用组合风险管理进行了有机的结合。最后对 CreditMetrics 模型进行了深入剖析, 得出该模型仅是信用组合风险模型的一个特例的结论。

[关键词] 信用组合风险; 信用组合风险模型; 边际风险

[中图分类号] F830.33

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2004)11-0147-04

20 世纪 70 年代以来, 世界金融格局发生了重大变化, 金融监管的放松以及金融全球化趋势, 使得金融业竞争加剧, 金融机构面临的风险激增。其中信用风险(Credit risk)对银行业来说是最早被关注的部分, 但直到现在仍然是市场分析最不充分, 最难量化的风险之一<sup>[1]</sup>。因此, 银行业尤其是商业银行一直将信用风险视为头等重要研究课题, 并在《巴塞尔协议》带动下, 对信用风险管理的方法进行不断创新, 提出许多定量分析技术, 并在不同程度上应用于实际业务操作中<sup>[2]</sup>。现有的信用风险模型可分为资产信用风险模型和信用风险定价模型两类<sup>[3]</sup>。前者认为资产的信用风险是信用发行人(或借款人)信用风险的延伸。该类模型利用各种相关数据构建信用评级模型或动态信用评级模型, 而信用风险表现为信用评级结果或违约概率。如马尔可夫信用评级变动模型、CreditMetrics 模型、CreditRisk+ 模型、Portfolio View 模型、CrashMetrics 模型和商业银行客户资信评价模糊综合判别模型等。后者既可以是基于计量经济的模型, 也可以是基于一种常用的、风险中性的、用于为信用衍生产品定价的模型, 如清偿模型、信用风险期限结构模型和动态信用风险期限结构模型等。尽管这些模型建立的理论基础不同, 采用的分析技术不同, 但其均可以用一个统一而又简单的模型进行表述。如 Gordy<sup>[4]</sup>已证明: 只有“违约”和“不违约”两种状况的 CreditMetrics 模型能在一定条件下转化为 CreditRisk+ 模型, 并且反过来也成立。因此, 本研究将以此为出发点, 提出一个信用组

合风险模型。

## 1 信用组合风险模型

### 1.1 信用组合风险模型的提出

商业银行面临的信用风险由系统风险(system risk)和非系统风险(non-system risk)两部分构成。所谓系统风险是指由所有的信用发行人(或借款人)共同面临的风险因素引起的风险, 如经济的景气状况, 借款人的信用意识等。非系统风险是指由个别的信用发行人(或借款人)所特有的信用风险因素造成的风险, 如企业管理层人事变动, 企业破产等。因此, 信用风险是系统风险因素和非系统风险因素的函数<sup>[5]</sup>, 由此可以构建信用组合风险模型。

假设现由  $N$  笔贷款构成一个信用组合  $M(Y_i)$ , 其贷款额记为  $A(A_i)$ ,  $i = 1, \dots, n$ ; 第  $i$  笔贷款损失额  $L_i$  表示在一定时期内, 该贷款实际收到的本息和与应收本息和的偏离, 其信用风险为

$$L_i = L_i(X, \epsilon_i). \quad (1)$$

$M(Y_i)$  的信用组合风险为

$$L_p = \frac{\sum_{i=1}^n A_i L_i}{\sum_{i=1}^n A_i} = \sum_{i=1}^n W_i L_{i0} \quad (2)$$

式中,  $X = (X_1, \dots, X_N)$ , 表示系统风险因素;  $\epsilon_i$  表示第  $i$  种非系统风险因素, 且  $Cov(X_i, \epsilon_i) = 0$ ,  $Cov(\epsilon_i, \epsilon_j) = 0$ ;  $W_i$  为第  $i$  笔贷款占  $M$  的比重。

显然, 前言中所提到的模型仅是本模型的特例。

\* [收稿日期] 2003-10-13

[基金项目] 陕西省软科学基金项目“构筑现代农业战略体系研究”(2002KR31)

[作者简介] 霍学喜(1960-), 男, 陕西绥德人, 教授, 博士, 主要从事金融业务经营与管理与投资经济与产业工程研究。

以 CreditRisk+ 模型为例<sup>[4]</sup>, 该模型假设贷款到期时仅存在“违约”和“不违约”两种结果。第  $i$  笔贷款违约概率是系统风险因素  $X = (X_1, \dots, X_k)$  (其中,  $X \sim \Gamma(\alpha, \beta)$ ) 的线性组合:

$$P_i(X) = W_{i1}X_1 + \dots + W_{ik}X_k \quad (3)$$

此时, 信用组合损失为

$$L_p^* = \sum_{i=1}^n A_i P_i(X) \quad (4)$$

## 1.2 信用组合风险的分散化

$M(Y_i)$  的预期损失  $E(L_p)$  和方差  $\sigma^2$  分别为

$$E(L_p) = \sum_{i=1}^n E(L_i) = \sum_{i=1}^n W_i E(L_i) \quad (5)$$

$$\sigma^2 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_i W_j \sigma_{ij} \quad (6)$$

在不影响结论的前提下简化分析, 设每笔贷款在  $M(Y_i)$  中所占比例均为  $W_i = 1/n (i = 1, \dots, n)$ , 则组合方差可改写为

$$\sigma^2 = \frac{1}{n^2} \sum_{i=1}^n \sigma_i^2 + \frac{1}{n^2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1, j \neq i}^n \sigma_{ij} \quad (7)$$

当  $n \rightarrow \infty$  时, 公式(7)等式右边第一项会因每一项  $\sigma_i^2 < \sigma_{\max}^2$  而趋于零; 但第二项只会趋于协方差的平均

值  $\bar{\sigma}_{ij} = \frac{1}{n^2 - n} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1, j \neq i}^n \sigma_{ij}$ , 因为  $\frac{1}{n^2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1, j \neq i}^n \sigma_{ij} = \frac{n^2 - n}{n^2} \bar{\sigma}_{ij}$  可见, 贷款组合能消除因借款人特殊风险

因素引起的信用风险, 只留下由系统风险因素( $X$ )造成的信用风险(图1)。因此, 被分散风险后的组合

信用风险可表述为  $E(L_p/X) = \sum_{i=1}^n W_i E(L_i/X)$ 。并且当  $n$  足够大时, 由大数法则可知实际损失与  $E(L_p/X)$  有较大偏差的可能性极小, 即  $\lim_{n \rightarrow \infty} P\{|L_p - E(L_p/X)| \geq \epsilon\} = 0$ 。这充分表明, 由许多贷款组成的组合信用风险就是因系统风险因素  $X$  引起的风险值。

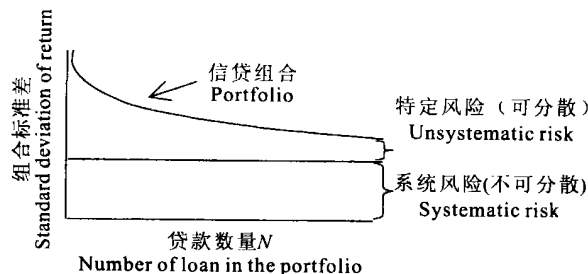


图1 信用组合风险分散

Fig 1 Diversion of credit portfolio

## 1.3 优化信用组合

对任何一家商业银行, 它所关注的是衡量资产

组合的预期损失和非预期损失, 并使信用组合更有效率。因此, 需要优化组合, 使其在给定的风险水平下, 预期损失(预期收益与实际收益差额)最小, 即

$$\min E(L_p) = \sum_{i=1}^n W_i E(L_i),$$

$$\text{s.t. } \sigma^2 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_i W_j \sigma_{ij},$$

$$\sum_{i=1}^n W_i = 1.$$

该规划的所有解构成信用组合边界(图2), 其中有效部分为曲线下半支。在现实中, 理性的银行信用组合管理者会寻求向有效边界靠近的信用组合。

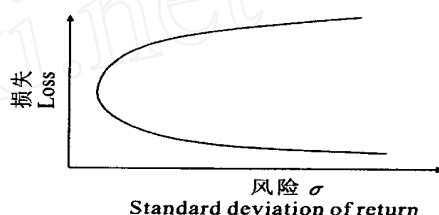


图2 有效边界

Fig 2 Efficient frontier

## 2 边际风险分析

在银行实际业务操作中, 往往会有新的贷款需求, 使原有组合发生变化, 因此需要进行边际风险分析。

### 2.1 边际风险贡献额

假定贷款资金投向组合  $M$  和贷款  $TY$ , 此时新组合  $N$  在未来某时刻  $t$  的实际收益  $M_t + TY_t$  不超过  $\text{Var}(M_t + TY_t) = \theta$  的概率为

$$P\{M_t + TY_t \leq \theta\} = 1 - \alpha = F(\theta) \quad (8)$$

对公式(8)求导:

$$\frac{\partial \text{Var}}{\partial T} = E(Y_t | \text{Var} = M_t + TY_t) \quad (9)$$

式中,  $Y$  的条件概率密度为

$$f_{Y_t}(Y_t | \text{Var} = M_t + TY_t) = \frac{f(\text{Var} - TY_t, Y_t)}{f_{M_t + TY_t}(\text{Var})}$$

当  $T = 0$  时,  $\frac{\partial \text{Var}}{\partial T} \bigg|_{T=0} = E(Y_t | M_t = \text{Var}(M_t))$ , 表明在  $M_t = \text{Var}(M_t)$  条件下, 新增贷款所引起的边际风险值是该笔贷款的损失期望。

### 2.2 单因素模型

在边际风险贡献分析的基础上, 当  $X$  实际发生低于分位数  $X_\alpha$  时, 新增贷款的边际风险为:

$$\frac{\partial \text{Var}}{\partial T} = \frac{\partial E(L_p/X = X_\alpha)}{\partial T} = E(L_i/X = X_\alpha) \quad (10)$$

这说明边际风险完全取决于个别贷款的状况, 而与信贷组合无关。

2 3 边际风险贡献率

根据 2 1 中的假设, 新信用组合  $N$  的预期损失  $E(L_n)$  和标准差  $\sigma(L_n)$  分别为

$$E(L_n) = E(M) + TE(Y), \tag{11}$$

$$\sigma(L_n) = (\alpha_M^2 + T^2\alpha_Y^2 + 2T\alpha_M\alpha_Y)^{\frac{1}{2}}. \tag{12}$$

分别求得:

$$\frac{dE(L_n)}{dT} = E(Y), \tag{13}$$

$$\frac{d\sigma}{dT} = \frac{T\frac{\alpha_Y^2}{\alpha_M^2} + \frac{\alpha_M}{\alpha_M}}{(1 + T^2\frac{\alpha_Y^2}{\alpha_M^2} + 2T\frac{\alpha_M}{\alpha_M})^{1/2}} = \frac{T\frac{\alpha_Y^2}{\alpha_M^2} + \beta}{(1 + T^2\frac{\alpha_Y^2}{\alpha_M^2} + 2T\beta)^{1/2}}. \tag{14}$$

特别是,  $\frac{d\sigma}{dT}|_{T=0} = \beta$ . 由此可知, 新增资产的边际风险为  $E(Y)$ , 进一步证明了边际风险值就是该贷款损失期望的结论, 并且其对贷款组合信用风险的贡

献为  $\beta$ . 当  $|\beta| > 1$  时, 表明新增贷款承受的信用风险大于组合的信用风险; 当  $|\beta| < 1$  时, 情况正好相反, 此时新增贷款的加入有助于进一步使组合向有效边界靠近, 从而使信用组合更优。

3 模型应用

CreditMetrics 模型是本研究所提出模型的特例。该模型认为各种债务的风险源于以信用级别变化表示的企业信用质量变化。借款人  $i$  的资产市场价值  $R_i$  是系统风险因素和非系统风险因素的线性组合:  $R_i = W_{i1}X_1 + \cdots + W_{iK}X_K + V_i\epsilon_i$ , 并且可实现的市场价值  $R_i$  决定了债务人的信用级别, 而信用级别又最终决定贷款到期时的价值, 令  $g(R_i)$  为借款人信用级别函数。因此 CreditMetrics 模型可以用信用组合风险模型的形式表示为

$$L_p = L_p(g(R_i)) = L_p(g(W_{i1}X_1 + \cdots + W_{iK}X_K + V_i\epsilon_i)). \tag{15}$$

现假定由 20 笔信贷组成了一家商业银行的全部信贷资产<sup>[6]</sup>, 如表 1 所示。

表 1 某商业银行的信贷资产风险分析表

Table 1 The risk analysis of credit portfolio of X commercial bank

| 资产<br>A sset | 初始信用<br>Initial<br>credit<br>grade | 本金/万元<br>Principal | 期限/年<br>M aturity | 市场<br>价值(A)/万元<br>M arket<br>value | 绝对<br>标准差(B)/元<br>A b s o l u t e<br>s t a n d a r d<br>d e v i a t i o n | 平均绝对<br>标准差(C= B/A)<br>A v e r a g e<br>a b s o l u t e<br>s t a n d a r d<br>d e v i a t i o n | 边际<br>标准差(D)/元<br>M a r g i n a l<br>s t a n d a r d<br>d e v i a t i o n | 平均边际<br>标准差(E= D/A)<br>A v e r a g e<br>m a r g i n a l<br>s t a n d a r d<br>d e v i a t i o n |
|--------------|------------------------------------|--------------------|-------------------|------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1            | AAA                                | 700                | 3                 | 782 104 9                          | 4 905                                                                     | 0.06                                                                                            | 239                                                                       | 0.00                                                                                            |
| 2            | AA                                 | 100                | 4                 | 117.726 8                          | 2 007                                                                     | 0.17                                                                                            | 114                                                                       | 0.01                                                                                            |
| 3            | A                                  | 100                | 3                 | 112.083 1                          | 17 523                                                                    | 1.56                                                                                            | 693                                                                       | 0.06                                                                                            |
| 4            | BBB                                | 100                | 4                 | 118.943 2                          | 40 043                                                                    | 3.37                                                                                            | 2 934                                                                     | 0.25                                                                                            |
| 5            | BB                                 | 100                | 3                 | 115.464 1                          | 99 607                                                                    | 8.63                                                                                            | 16 046                                                                    | 1.39                                                                                            |
| 6            | B                                  | 100                | 4                 | 126.352 3                          | 162 251                                                                   | 12.84                                                                                           | 37 664                                                                    | 2.98                                                                                            |
| 7            | CCC                                | 100                | 2                 | 112.762 8                          | 255 680                                                                   | 22.67                                                                                           | 73 079                                                                    | 6.48                                                                                            |
| 8            | A                                  | 1 000              | 8                 | 1 422 907 1                        | 197 152                                                                   | 1.39                                                                                            | 35 104                                                                    | 0.25                                                                                            |
| 9            | BB                                 | 500                | 2                 | 538.660 3                          | 380 141                                                                   | 7.06                                                                                            | 105 949                                                                   | 1.97                                                                                            |
| 10           | A                                  | 300                | 2                 | 318.124 6                          | 63 207                                                                    | 1.99                                                                                            | 5 068                                                                     | 0.16                                                                                            |
| 11           | A                                  | 100                | 4                 | 118.124 6                          | 15 360                                                                    | 1.30                                                                                            | 1 232                                                                     | 0.10                                                                                            |
| 12           | A                                  | 200                | 5                 | 248.332 2                          | 43 085                                                                    | 1.73                                                                                            | 4 531                                                                     | 0.18                                                                                            |
| 13           | B                                  | 60                 | 3                 | 70.540 9                           | 107 304                                                                   | 15.21                                                                                           | 25 684                                                                    | 3.64                                                                                            |
| 14           | B                                  | 100                | 2                 | 108.784 1                          | 167 511                                                                   | 15.40                                                                                           | 44 827                                                                    | 4.12                                                                                            |
| 15           | B                                  | 300                | 2                 | 326.352 3                          | 610 900                                                                   | 18.72                                                                                           | 270 000                                                                   | 8.27                                                                                            |
| 16           | B                                  | 200                | 4                 | 252.704 6                          | 322 720                                                                   | 12.77                                                                                           | 89 190                                                                    | 3.53                                                                                            |
| 17           | BBB                                | 100                | 6                 | 131.572 0                          | 28 051                                                                    | 2.13                                                                                            | 2 775                                                                     | 0.21                                                                                            |
| 18           | BBB                                | 800                | 5                 | 1 002.061 1                        | 306 892                                                                   | 3.06                                                                                            | 69 624                                                                    | 0.69                                                                                            |
| 19           | BBB                                | 100                | 3                 | 111.817 8                          | 1 837                                                                     | 0.16                                                                                            | 120                                                                       | 0.01                                                                                            |
| 20           | AA                                 | 500                | 5                 | 618.178 4                          | 9 916                                                                     | 0.16                                                                                            | 389                                                                       | 0.01                                                                                            |

由表 1 可见, 该银行通过 20 笔贷款构成的信用组合, 使每笔贷款从绝对标准差到边际标准差都得到了大幅度降低。同时, 初始信用级别越高的资产降幅越大。这充分显示了组合中贷款数目对分散信用

风险的作用,尤其是降低具有很高信用风险的资产对组合的影响是十分有效而必要的<sup>[7]</sup>。进一步进行边际风险贡献分析发现,因各种风险因素而处于信用级别 CCC 的贷款是 7,在未来损失的可能性相当大;贷款 18 因风险暴露数额大,其成为呆帐会使银行损失很大;贷款 15 因信用级别、风险暴露数额等因素造成很大的边际风险贡献。由此可见,这些贷款是需要组合管理者特别关注的。Credit Metrics 模型通过边际分析,既完成了贷款管理过程中的风险识别任务,又实现了银行风险的有效防范和化解<sup>[8,9]</sup>。

## 4 结 论

1) 在系统风险因素和非系统风险因素区别的基础上,构建的信用组合风险模型完全能够与其他信用模型相容,使得其具有良好的应用前景。并且由大数定理可知,一个构建良好有效的信用组合完全能够消除非系统风险,从而使使得由足够多的贷款构成组合的信用风险度量仅取决于系统风险。

2) 在商业银行的贷款管理过程中,将组合的每笔贷款依边际风险进行排序,使银行的贷款管理有

侧重点。银行首先应关注组合中边际风险最大的贷款,并采取相应措施,这样有助于银行优化贷款组合,降低银行风险暴露。另外,随着我国金融改革的推进,信用衍生工具也必将成为银行调整贷款组合的有效工具。

3) 当某个个体向银行申请贷款时,银行可以借助边际风险分析作出贷与不贷的决策。借款人的风险因素与贷款组合的相关程度高,尤其是令  $|\beta| > 1$  的贷款,银行更应审慎抉择。因增加该笔贷款会使商业银行承受的风险增大,而承受额外的风险因当前金融体制所限,银行往往难以得到相应的风险补偿,此时应放弃贷款。再者,《巴塞尔协议》对银行资本充足率的要求,为银行设定了信贷质量的下限,这样银行贷出边际风险大的贷款会造成银行自身机会成本的增加,不利于银行业的竞争。

4) 当前,信用意识的淡薄已成为引起我国信用风险的一大系统风险因素。对商业银行而言,因信用缺位造成的信用风险已不是银行业自身所能解决的问题。只有通过国家、全社会共同努力,才能有效降低因其引起的信用风险。

## [参考文献]

- [1] 卢 鸿. 现代商业银行内部控制系统论[M]. 北京: 中国金融出版社, 2001. 129- 156
- [2] 王煦逸. 商业银行客户资信评价模糊综合判别模型[J]. 金融研究, 2002, (7): 44- 52
- [3] Lore M, Borodsky L. 金融风险管理手册[M]. 北京: 机械工业出版社, 2002. 272- 323
- [4] Gordy M B. A comparative anatomy of Credit Risk models[J]. Journal of Banking and Finance, 2000, 24: 56- 70
- [5] Hans R B. Credit portfolio modeling, marginal risk contributions and granularity adjustment[EB/OL]. <http://www.wifak.uni-wuerzburg.de>, 2002-06/2003-05
- [6] Philipp J S. Factor models for portfolio credit risk[EB/OL]. <http://www.finastat.uni-bonn.de>, 2000-12/2003-05
- [7] Frank K R, Keith C B. Investment analysis and portfolio management (6th) [M]. 北京: 中信出版社, 2002. 260- 279
- [8] 宋逢明. 金融工程原理——无套利均衡分析[M]. 北京: 清华大学出版社, 1999. 193
- [9] Christopher C F. The one-factor Credit Metrics model in new basle capital accord[J]. Risk Metrics Journal, 2001, 2(1): 9- 18

## Design and application of credit portfolio model

HUO Xue-xi, ZHANG Yong-juan

(College of Economics and Management, North West A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

**Abstract:** In order to make popular Credit Risk models more compatibility, we expect to set up a general credit portfolio modeling, which is a basis of system risk factors and non-system risk factors. Meanwhile, the paper introduces the conception of marginal risk and combines marginal risk contribution with credit portfolio risk management. At last, "Credit Metrics" as a special case is analyzed in depth, and the paper applies to a simple factor model.

**Key words:** credit portfolio risk; credit portfolio risk models; marginal risk