

Credit Risk Valuation
Methods, Models, and Applications

(瑞士) Manuel Ammann 著
杨玉明 译



信用风险评估 ——方法·模型·应用 (第2版)



清华大学出版社

信用风险评估

——方法·模型·应用

(第2版)

(瑞士) Manuel Ammann 著

杨玉明 译

清华大学出版社

北 京

Manuel Ammann

Credit Risk Valuation:Methods, Models, and Applications, 2nd edition

EISBN:3-540-67805-0

Copyright ©2001 by Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

Authorized Translation from the English language edition published by Springer Press Ltd.

All rights reserved. For sale in the People's Republic of China only.

Chinese simplified language edition published by Tsinghua University Press.

北京市版权局著作权合同登记号 图字: 01-2004-3094

版权所有, 翻印必究。举报电话: 010-62782989 13901104297 13801310933

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签, 无标签者不得销售。

本书防伪标签采用清华大学核研院专有核径迹膜防伪技术, 用户可通过在图案表面涂抹清水, 图案消失, 水干后图案复现; 或将表面膜揭下, 放在白纸上用彩笔涂抹, 图案在白纸上再现的方法识别真伪。

图书在版编目(CIP)数据

信用风险评估——方法·模型·应用(第2版)/(瑞士)阿曼(Ammann, M.)著, 杨玉明译.

—北京: 清华大学出版社, 2004.10

书名原文: Credit Risk Valuation:Methods, Models, and Applications, 2nd edition

ISBN 7-302-09385-7

I. 信… II. ①阿… ②杨… III. 信用—风险管理—英文 IV. F830.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 089269 号

出 版 者: 清华大学出版社 地 址: 北京清华大学学研大厦

<http://www.tup.com.cn> 邮 编: 100084

社 总 机: 010-62770175 客 户 服 务: 010-62776969

组稿编辑: 毛尧飞(maorui555@263.net)

文稿编辑: 程秋芬

封面设计: 王 岚

版式设计: 孔祥丰

印 刷 者: 北京四季青印刷厂

装 订 者: 三河市兴旺装订有限公司

发 行 者: 新华书店总店北京发行所

开 本: 185×230 印 张: 17.5 字 数: 255 千字

版 次: 2004 年 10 月第 1 版 2004 年 10 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-302-09385-7/F·910

印 数: 1~3000 册

定 价: 39.80 元

本书如存在文字不清、漏印以及缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:(010)62770175-3103 或(010)62795704

前 言

信用风险在大多数金融交易中都是一个重要的考虑因素。与对待其他任何风险一样，风险承担者对其所承担的风险中无法通过多样化消除的那部分风险，要求获得补偿。如在债券市场，为了吸引投资者，发行风险较高的债券必须承诺更高的收益。但收益应高多少呢？信用风险评估模型就试图运用从或有要求权分析发展而来的理论，为信用风险定价。

这本专著概括了当前信用风险评估理论，并分析了信用风险模型在金融衍生产品定价中的几种应用。特别是，信用风险模型已融入到那些含有信用风险的衍生产品合约的定价中。信用风险能以多种不同方式影响衍生产品的定价。首先，金融衍生产品可能含有交易对手违约风险。第二，衍生产品可能是以诸如公司债券这类易遭受信用风险的证券为基础发行的。第三，信用风险自身可能就是衍生工具的基础变量。第四，信用衍生产品自身可能遭受交易对手风险。本书探讨所有这些评估问题，但关注点是交易对手风险。

本书分为六章，加一个附录。第1章简要介绍了信用风险以及在或有要求权定价中运用信用风险模型的动机。第2章介绍了或有要求权估价的一般理论，并概括了一些重要应用，如布莱克-舒尔茨方程(Black-Scholes formulae)在标准期权中的应用，奚斯-约罗-莫顿原理(Heath-Jarrow-Morton methodology)在利率建模中的应用。第3章回顾了信用风险定价领域的早期著作。第4章，在诸如高斯(Gaussian)利率与随机交易对手负债之类的假设下，提出了公司价值评估模型，用于期权和易遭受交易对手风险的远期合约的定价。第5章讲述了混合信用风险模型，它综合了密度模型(密度模型是最近才在文献上出现的)与公司价值模型的特征。第6章分析了复杂评估方法中信用衍生产品的估价，提出了用来直接评估利差衍生产品的方法的简化式，并建立了一个模型，将易遭受交易对手

违约风险的信用衍生产品看作脆弱交易期权。第 7 章总结讨论这个成果的实践意义。附录是对贯穿全书的数理工具的一个概括。

本书是《衍生产品信用风险的定价》这一专著的修正版与扩充版,《衍生产品信用风险的定价》是由斯普林格-维拉格(Springer-Verlag)出版的经济学与数理系列讲稿的第 470 卷。因此,对学术界以及有志于为信用风险——尤其是衍生产品的信用风险——建模的实际工作者来说,本书仍是一本值得“看一看、想一想”的研究专著。而且,关于一般衍生产品的定价、最流行的信用风险模型、以及关于这些命题相当详尽的证明,都是本版的新增内容,这些都使本书成为信用风险与金融衍生产品高级课程的补充读物。

曼纽尔·阿曼(Manuel Ammann)

2001 年于圣·加仑

目 录

第 1 章	引言	1
1.1	动机	2
1.2	研究目标	9
1.3	结构安排	11
第 2 章	或有要求权评估	14
2.1	离散时间市场中的评估模型	15
2.2	连续时间下的评估	21
2.3	连续时间市场中的应用	29
2.4	在离散时间市场中的应用	47
2.5	小结	52
第 3 章	信用风险模型	54
3.1	信用风险债券定价	55
3.2	含交易对手风险的衍生产品的定价	77
3.3	信用衍生产品定价	83
3.4	经验证据	86
3.5	小结	87
第 4 章	含交易对手违约风险的衍生产品的公司价值定价模型	89
4.1	信用风险模型	90
4.2	确定的负债	91
4.3	随机负债	99

4.4	高斯利率和确定的负债	105
4.5	高斯利率和随机负债	112
4.6	脆弱远期合约	116
4.7	数例	117
4.8	小结	131
4.9	命题的证明	133
第 5 章	含信用风险的或有要求权的混合定价模型	163
5.1	一般的信用风险框架	163
5.2	应用	172
5.3	脆弱期权的价格	182
5.4	观察到的期限结构的复原	184
5.5	风险债券的无违约期权	186
5.6	数例	188
5.7	计算的成本	197
5.8	小结	199
第 6 章	信用衍生产品的定价	201
6.1	信用衍生工具	202
6.2	信用衍生工具的评估	205
6.3	复合定价法	210
6.4	数例	218
6.5	利用简化模型给利差衍生工具定价	223
6.6	作为交易期权的信用衍生产品	228
6.7	含交易对手违约风险的信用衍生产品	236
6.8	小结	247

第 7 章 结论	250
7.1 总结	251
7.2 实际应用	253
7.3 研究前景	254
附录 A 鞅理论中的实用工具	256
A.1 概率基础知识	256
A.2 函数类型	258
A.3 鞅	259
A.4 布朗运动	260
A.5 随机积分	263
A.6 测度转换	268

第 1 章

引 言

信用风险可以定义为：由于合约另一方未履行合同订立的义务而导致债权人发生经济损失的可能性。不论对方是由于财务困难而未能履行合同规定，还是由于不愿意而不履行非强制性合约，都广义地称为信用风险。

长期以来，人们就将信用风险看作是债务价格与债务承诺回报率的关键决定因素。较之于那些市场参与者认为信用风险较低的合约，隐含高信用风险的债务合约必须向投资者承诺更高的回报率。较高的承诺回报率意味着：在其他合约条款相同的条件下，债券的价格较低。表 1.1 列示了美国公司债券 1985 年 1 月到 1995 年 3 月期间不同信用级别债务的平均信用利差。信用级别是证券隐含信用风险的代名词。

表 1.1 美国公司债券利差(1985~1995)

到期日类型	信用级别	平均利差	标准差	平均到期年限
短期	Aaa	0.67	0.083	3.8
	Aa	0.69	0.083	4.0
	A	0.93	0.107	4.2

(续表)

到期日类型	信用级别	平均利差	标准差	平均到期年限
中期	Baa	1.42	0.184	4.4
	Aaa	0.77	0.102	10.1
	Aa	0.71	0.084	9.2
	A	1.01	0.106	9.4
长期	Baa	1.47	0.153	9.1
	Aaa	0.79	0.088	23.9
	Aa	0.91	0.087	21.3
	A	1.18	0.125	21.7
	Baa	1.84	0.177	21.2

不可早赎、不可早兑公司债券与美国国库券的平均利差，月间绝对利差变化的标准差以及平均到期年限。
资料来源：Duffee(1998)

1.1 动机

市场参与者长期以来就知道信用风险对债券价格存在影响，但直到最近才发展出量化这一影响的分析模型。Black 和 Scholes(1973)在他们关于期权定价的开创性论文中朝信用风险模型迈出了关键的第一步。Merton(1974)进一步发展了布莱克和舒尔茨的直觉，并将其融入分析框架。之后，人们追随布莱克、莫顿以及舒尔茨进行了大量研究。

同时，人们还提出了各种其他评估信用风险的理论，如简化式研究。然而，当前的许多理论都是以早先探讨的基本理念为基础，或是其扩展。我们对当前正在使用的诸多信用风险模型做一概括，讨论一下它们各自的优缺点。但我们更想将注意力集中于信用风险模型在衍生证券上的应用。下一节讨论在衍生产品定价中应用信用风险评估模型的动机。

1.1.1 交易对手违约风险

当前出现的大多数信用风险方面的著作，已经在关注诸如公司债券、贷款或抵押贷款这类债务工具的评估。但金融衍生产品的信用风险普遍被忽略，甚至绝大多数这些衍生产品市场的参与者现在还使用那些未考虑信用风险的定价模型。

衍生产品评估中忽略信用风险的原因有以下几点：

- 主要期货交易所和期权交易所中交易的衍生产品几乎没有信用风险。衍生产品在交易所交易这一制度大大降低了信用风险。根据惯例，交易所是所有期权头寸的法定交易对手。因而，对个体市场交易者而言，不存在任何信用风险。凭借交易所本身的信用声望，就已经大大降低了信用风险。而且，交易所还设置了保证金要求，使交易所替代违约方执行义务的风险降到最低。
- 场外交易(OTC)的衍生产品头寸(余额)长期以来都相对较小。而且，大多裸露(敞口)头寸是以利率互换(rate swap)的方式持有。利率互换一般包含的信用风险相对较低，¹因为利率互换合约是这样设计的：只交换利率偿付，甚至只交付利率差额部分，而不交换本金，因此本金就不含信用风险。
- 无法轻易获得考虑了交易对手风险因素的定价模型。衍生工具的信用风险模型比标准债务工具的信用风险模型复杂，因为无法预知衍生工具的信用风险额。

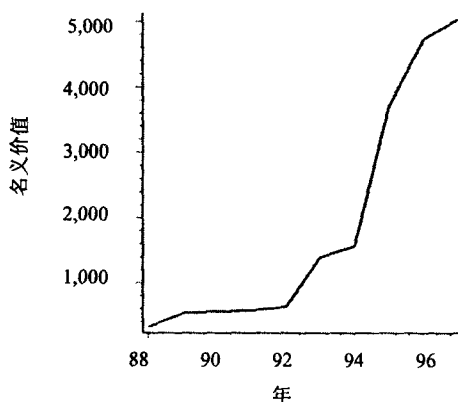
当然，即便是交易所也有可能在非正常市场环境²中违约，并且 OTC 衍生产品余额有一阵子达到了相当可观的数量。因此，上面这些原因只是部分解释了对衍生产品市场信用风险关注不足的原因。无论如何，对该问题的这种关注不足已

¹ 虽然如此，但经验研究显示，互换利率也受信用风险的影响，如 Sun, Suresh 和 Ching(1993)；以及 Cossin 和 Pirotte(1993)。

² 事实上，如果巴林拖欠保证金，则新加坡(新加坡国际金融交易所)的期货交易和期权交易将处于危险境地。参见 Fallon(1995)。

经让位于对这个问题的警觉了，而这导致了市场活动的减缓。³

这一态度转变的重要原因是 OTC 衍生产品市场的发展。如图 1.1 所示，在刚过去的十年，交易所外的衍生产品经历了惊人的增长，现在已经是衍生产品合约总余额的重要组成部分。值得注意的是，图 1.1 只显示了利率期权这种衍生产品的余额，而没有包括互换合约和远期合约。



名义价值，单位是 10 亿美元。数据是每年下半年的数字（1997 年除外），1997 年的数字是上半年的。资料来源：International Swaps and Derivatives Association(1988-1997)。

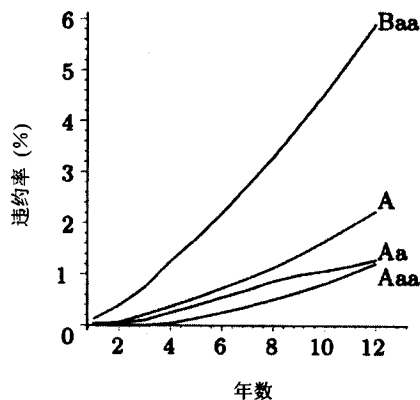
图 1.1 OTC 利率期权的未清偿余额

OTC 发行的金融工具通常不受交易所或国家主权机构的保护，并且在大多数情况下由于没有担保而不受保护。虽然人们作过一些建立 OTC 清算所的尝试，并试图利用担保来降低信用风险，但这类制度改善仍属例外。意识到交易对手违约的威胁，作为应对，一些金融机构发现有必要建立高级别的衍生产品子公司以保持竞争力或提高它们在这个市场上的排位。⁴然而，由此得出结论认为衍生产品交易对手的信用品质已普遍得到提高，那就过于乐观了。事实上，Bhasin(1996)报道了 1991 年以来衍生产品交易对手信用品质的普遍败坏。

³ 参见 Chew(1992)。

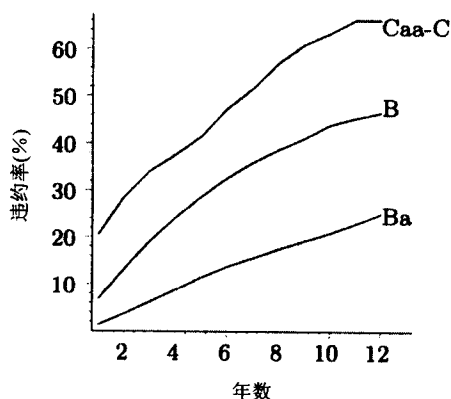
⁴ 参见 Figlewski(1994)。

图 1.2 与图 1.3 展示了历史上的违约率。这些图显示了特定级别债券一定生命期的平均累计违约百分比。这些平均值是根据 1970 年到 1997 年的违约数据计算得到的。图 1.2 展示了评级为 Aaa、Aa、A、Baa 这些债券的违约率。我们能够看到，除了个别末端外，违约率曲线并不相交，但是，不同级别债券的违约率差



投资级债券 1970~1997 年间的平均累计违约率，依据发行年龄 (年数) 计算。资料来源: Moody's Investors Services。

图 1.2 美国投资级债券的平均累计违约率



投机级债券 1970~1997 年间的平均累计违约率，依据发行年龄(年数)计算。评级为 Caa-C 表示平均评级为 Caa、Ca、C。资料来源: Moody's Investors Services。

图 1.3 美国投机级债券的平均累计违约率

距不可能毫无变化。除了明显高得多的违约率外，图 1.3 展示了相似的图景。这些有着最高违约率的曲线表示的是 Caa、Ca 以及 C 级别债券的平均违约率。投资级债券的违约率曲线的斜率一般是随着债龄的增加而上升，而投机级债券违约率曲线的斜率一般是随着债龄的增加而降低。这一观察结果表明：那些最初被评为投资级的债券，随着债龄增加，其违约率趋于增加；而最初被评为投机级的债券，随着债龄增加，违约率趋于下降，当然，前提是这些债券还存活着。

未清偿衍生产品合约的违约概率既定，定价模型显然需要考虑违约风险这个因素。但即便是 OTC 衍生产品的定价，历来也不考虑信用风险，而且目前仍是如此。忽略的主要原因不在于交易对手信用品质不需置疑，而在于缺乏合适的信用风险评估模型。衍生产品契约的信用风险评估比简单债券契约的信用风险评估要牵涉到更多的分析要素。原因在于信用风险是随机的。⁵众所周知，在公司债券中，面临风险的是那些本金，而对于息票债券，票息交付也面临风险，但衍生产品所面临的交易对手风险是无法预先知道的。对于期权，如果期权到期时毫无执行价值，那可能就几乎不存在风险了。同样地，在互换合约或远期合约情况中，某一交易方可能几乎没有风险，因为合约的价值有可能变成负的，并成为负债。

表 1.1 描述了具有投资级信用品质的公司债券的利差。由于利差值不像违约率那样是根据同一数据集得出的，因此那些数字不具有直接可比性，但它们还是能够给出一个关于信用风险溢价补偿要求的理念。虽然对 A 级长期债券而言，高于国库券的 118 基点的利差，乍一看好像小了点，但必须注意的是，就债券价格差价而言，这一差额等于是将 20 年零息债券打折了约 21% 得到的长期国库券。虽然全部折扣并非都归因于信用风险，⁶但可以认为信用风险对债券价格具有重大影响。对 Aaa 级债券而言，虽然信用利差要小得多，但也还是相当大的。⁷

而且，许多交易方的评级低于 Aaa。在对提交给证券交易委员会(SEC)的财务报表所作的一项研究中，Bhasin(1996)考察了 OTC 衍生产品使用者的信用品

5 参见 Hull 和 White(1992)。

6 常见的论调是，国库券之所以具有更低的收益，是因为它们具有更高的流动性、诸如担保与保证金条例之类的制度性因素，以及使得持有国库券更具有吸引力的类似规则。因此，实际无违约收益可能要较国库券收益略高一些。而另一方面是，即便国库券也无法完全免除信用风险。

7 Hsueh 和 Chandy(1989)指出，在保险了的 Aaa 级证券与未保险的 Aaa 级证券之间存在明显利差。

质。他的发现与流行信念相反，流行信念认为只有获得高评级的企业才充当衍生产品的交易者。虽然参与 OTC 衍生产品交易的企业一般比普通企业拥有更好的信用品质，但市场也不想让那些低信用品质的企业吃闭门羹。事实上，在报告的 1993 年和 1994 年使用 OTC 衍生产品的企业中，评级在 A 或 A 以上的企业不足 50%，并且其他级别的企业中相当大一部分是投机级企业。⁸

如果信用风险在公司债券定价中是一个如此关键的因素，如果不能假定在衍生产品交易中只存在顶级交易者，那么，在衍生证券定价时忽视信用风险就很难自圆其说了，因为衍生证券有可能遭受交易对手违约风险。因此，显然需要包含信用风险影响的衍生产品评估模型。

1.1.2 有违约可能的资产的衍生产品

评估那些易遭受交易对手违约风险的衍生产品并非信用风险模型的惟一应用。第二种应用关注的是信用风险债券条款中拟订的无违约风险衍生产品。在这种情况下，交易方免受任何违约风险，但衍生合约的基础资产，如公司债券，可能遭受违约风险。违约风险改变着债券价格分布的形状。就像基础债券免受任何违约风险那样给信用风险债券的期权定价，这样做的结果是忽略了有违约可能的债券的价格分布特征。尤其是忽视了信用风险债券价格分布中的低概率高损失区域。由于这些债券的风险性，用无违约风险的价格分布来估计实际价格分布所导致的偏差可能极其严重。信用风险模型有助于校正这一偏差。

1.1.3 信用衍生产品

最近引进了新的衍生工具，其偿付取决于某一特定企业或企业集团的信用风

⁸ 虽然衍生产品可以是范围广泛的、风险特征各异的金融工具，但据 Bhasin(1996)研究，不论对投资级使用者而言，还是对投机级使用者而言，主要工具还是利率互换和货币互换。

险。这些新工具一般称作信用衍生产品。虽然信用衍生产品很久以来就以贷款和债务较简单的形式存在，但是，对信用衍生产品的兴趣的快速增长及其交易量的迅速上升，为信用风险模型开辟了重要的应用新领域。

表 1.2 显示了美国信用衍生产品市场的规模与发展速度。美国商业银行持有的信用衍生产品名义总量，从 1997 年第一季度的不足 200 亿美元增长到 2000 年第四季度的 4,260 亿美元。这一让人难忘的增长速度表明这些新衍生产品受欢迎程度与日俱增。从相对数来看，自 1997 年第一季度首次向货币审计署 (OCC) 汇报信用衍生产品的头寸以来，信用衍生产品在所使用的衍生产品中的份额稳步上升。虽然如此，还需看到，信用衍生产品仍只是衍生产品市场中很小的一部分。2000 年第四季度，信用衍生产品在商业银行持有的全部衍生产品名义价值中的份额才超过 1%。而且，只有大银行才参与信用衍生产品交易。

表 1.2 美国商业银行使用的信用衍生产品

名义价值	1997	1997	1997	1997	1998	1998	1998	1998
	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q
10 亿美元	19	26	39	55	91	129	162	144
%	0.09	0.11	0.16	0.22	0.35	0.46	0.5	0.44
名义价值	1999	1999	1999	1999	2000	2000	2000	2000
	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q
10 亿美元	191	210	234	287	302	362	379	426
%	0.58	0.64	0.66	0.82	0.8	0.92	0.99	1.05

发行余额的绝对名义价值，单位是 10 亿美元，以及其相对于美国银行总的衍生产品头寸余额的名义价值的百分比。数字来自所有美国银行提交的报告，报告了银行账面拥有的衍生产品头寸。资料来源：Office of the Comptroller of the Currency (1997-2000)。

由于 OCC 收集的数据只包括了美国商业银行的信用衍生产品的头寸，表 1.2 的数字并没有反映市场的实际规模。由英国银行家协会进行的关于伦敦信用衍生产品市场的一项调查(1996)表明商业银行的客户市场份额大约是 60%，其余部分由证券公司、基金公司、工商企业、保险公司以及其他组织构成。调查还给出伦

敦信用衍生产品市场规模的估计。根据一次对交易商的民意调查,到1996年第三季度末,总的名义余额估计约是2,000亿美元。这次对交易商的民意调查还表明交易商期望这一市场持续高速增长。可以预计,自1996年以来,整个市场规模的增长速度类似于表1.2所示的商业银行使用信用衍生工具的增速。

显然,随着信用衍生产品在绝对量以及相对量上的重要性与日俱增,对评估模型的需求也在上升。但还需看到信用衍生产品的另一面。信用衍生产品是易遭受交易对手违约风险的OTC发行的金融合约。随着信用衍生产品在金融机构的风险管理中发挥日益重要的作用,如表1.2所示,与其他任何衍生产品头寸一样,信用衍生产品的交易对手违约风险的量化与管理是至关重要的。

1.2 研究目标

这本专著探讨四个评估问题,它们是信用风险与衍生产品合约这两个研究领域的交叠域。这四个问题如下:

- 易遭受交易对手违约风险的衍生证券(derivative securities which are subject to counterparty default risk)的评估。衍生产品合约的交易方无法或不愿意履约的可能性会降低衍生工具的价格。这一相对无交易对手违约风险的同质衍生产品的价格缩水需要加以量化。一般来说,由交易对手的信用利差期限结构推导得到的信用利差应用于衍生产品这种简单的办法是无法确定出正确价格的。
- 风险债券的无违约风险期权(default-free options on risky bonds)的评估。含信用风险的债券的价格分布不同于那些无信用风险的债券。特别是它们存在着由于债券发行人不履行义务而导致发生巨大损失的可能性。风险性债务发生损失的风险通过其较低的价格得以体现。债券期权定价模型考虑了较低的远期价格,但没有考虑风险性债券特殊的价格分布,运用这种模型可能导致期权价格出现偏差。