

学界文集

金融市场风险定量分析

——理论、技术与应用

柯金川 / 著

光明日报出版社

学界文集

—— 理论、技术与应用

金融市场风险定量分析

柯金川 / 著

光明日报出版社

图书在版编目(CIP)数据

金融市场风险定量分析:理论、技术与应用/柯金川著.
北京:光明日报出版社,2010.3

(学界文集)

ISBN 978-7-80206-904-6

I. 金… II. 柯… III. 金融市场—风险分析:定量分析
IV. F830.9

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 050421 号

金融市场风险定量分析:理论、技术与应用

作 者: 柯金川 著

责任编辑: 刘 彬

封面设计: 黄 海

出版发行: 光明日报出版社

地 址: 北京市崇文区珠市口东大街 5 号, 100062

电 话: 010-67078241

法律顾问: 北京市华沛德律师事务所张永福律师

印 刷: 北京才智印刷厂

本书如有破损、缺页、装订错误,请与本社发行部联系调换

开本: 880mm × 1230mm 1/32

字数: 200 千字 印张: 8

版次: 2010 年 3 月第 1 版 印次: 2010 年 3 月第 1 次印刷

书号: ISBN 978-7-80206-904-6

总定价: 320.00 元(本册: 19.80 元)

版权所有 翻印必究

前言

金融市场是一个非常复杂的市场，主要表现在：交易标的资产包括各式各样的证券和金融衍生品；交易主体包括做市商、投资机构和个人；不同的投资者有着不同的风险偏好等。品种繁多的金融资产对市场的发展无疑产生了重大的促进作用，投资者也可以自由选择适合自己投资的产品。但是，由于信息不对称，在大多数情况下投资者无法直接看出它的风险。就当前全球的金融危机以及股市低靡现状而言，它也与金融体系市场的流动性、资产价格、交易机制和交易者的行为动机等有着密切的关系。

金融资产的价格在宏观上受到国内外经济发展状况、行业发展前景以及国家政策等因素的影响外，在微观上还受到信息透明度、交易数量和收益水平等因素的影响。除此之外，交易机制也直接影响到金融市场的稳定发展，在信息化交易的今天，金融资产价格的观察更加转向关注金融市场内在的微观基础和金融资产交易的价差关系。资产的定价不再是投资者个人的行为，而是由特定的经济主体和交易市场决定。

在常规的微观经济学中，一般是把市场作为一个整体来研究，并假设市场是一个完全竞争的市场，而没有考虑市场参与者作为微观个体在价格形成中的作用，参与者如何从优化的角度进行互动博弈来影响价格的形成也没有考虑。然而，现实的金融市场由于存在交易费用、信息不对称，市场不完全竞争以及价格的动态变化等因素，必须借助复杂的数学工具和模型才能刻画市场的本质，金融市场风险定量分析技术和理论为这些现象的解释提供了很好的途径。

金融市场风险量定技术主要是指利用先进的数学及信息工具，在

金融市场风险定量分析

现有各种金融产品的基础上通过数理手段进行不同形式的分解组合，以设计出符合客户特定需要的新型金融产品的服务过程。此过程不仅包括金融产品的设计，还包括金融产品的定价、交易策略设计、金融风险管理等各个方面。

金融市场及其风险管理一直是人们关注的焦点问题。无论是学术界、监管层，还是金融领域从业人员，都一直对金融市场的特征和定量分析技术很感兴趣。例如，学术界一直致力于证券市场资产价格波动性的研究；监管机构对金融市场的有效性和安全性倍加关注；而投资者则希望从证券市场找出优化的投资组合，以便降低风险和提高回报率。因此，在结构的安排上，本书以现代金融理论为基础，以金融风险的识别、度量和管理为主线形成了一个较完整的体系：首先对证券市场的波动性作时间序列分析，包括 ARCH 模型族、R/S 模型和协整等方法；其次，介绍了关于优化金融的理论和方法，包括证券组合理论、资本资产定价模型（CAPM）、DEA、VAR 和 Monte Carlo 等；最后介绍了金融风险评价的最新理论，包括神经网络模型、熵理论、突变理论和粗糙集理论等。每一章先对模型进行简单的介绍，然后进行理论的应用探讨和实证分析，以便读者更好地理解 and 掌握。

本书从实际出发，选择了当今国内外金融风险管理的的前沿问题和技术作为主题，汇集了最新的研究成果，从理论上和技术上分析金融市场风险衡量、控制和化解等手段。因此，本书适合于从事金融工程和风险管理等专业的本科生、研究生和对定量分析感兴趣的研究工作者阅读，同时也希望本书对化解全球所面临的金融危机以及对国内金融机构和投资者的风险管理有所借鉴。但书中难免存在不足之处甚至错误，肯请读者批评指正。

在研究过程中，得到了研究同仁、学生、家人的帮助，在此表示诚挚的谢意；对书中引用的研究成果和文献的作者表示真诚的感谢和崇高的敬意。同时感谢国家自然科学基金（70971009）和国家人文社科基金（08BJY082，08AJY002）对本书的资助。

作者

2009年12月

目 录

第一篇 证券市场时间序列分析

| | | |
|-------|----------------------|----|
| 第一章 | 股市波动的自回归特征分析 | 3 |
| § 1.1 | 引言 | 3 |
| § 1.2 | 模型概述 | 6 |
| § 1.3 | 实证分析 | 9 |
| 第二章 | 基于 R/S 模型的股票收益与波动率分析 | 21 |
| § 2.1 | 引言 | 21 |
| § 2.2 | R/S 分析法 | 22 |
| § 2.3 | 实证研究 | 26 |
| § 2.4 | 结论 | 35 |
| 第三章 | 协整方法及其在金融市场中的应用 | 38 |
| § 3.1 | 引言 | 38 |
| § 3.2 | 协整理论 | 40 |
| § 3.3 | 协整理论在证券投资中的实证研究 | 48 |
| § 3.4 | 国际资本流动运行分析 | 56 |

第二篇 优化金融学理论

| | | |
|-------|------------------|-----|
| 第四章 | 神经网络模型在股价预测中的应用 | 69 |
| § 4.1 | 人工神经网络概述 | 69 |
| § 4.2 | BP 神经网络 | 72 |
| § 4.3 | BP 神经网络预测模型的实证分析 | 78 |
| § 4.4 | 小结 | 88 |
| 第五章 | 基于 DEA 方法的投资组合优化 | 91 |
| § 5.1 | 引言 | 91 |
| § 5.2 | DEA 模型 | 94 |
| § 5.3 | 基于 DEA 方法的投资组合优化 | 99 |
| § 5.4 | DEA 模型的应用 | 103 |

金融市场风险定量分析

| | | |
|-------|-------------------------------|-----|
| § 5.5 | 结合 DEA 模型的投资决策定性分析 | 113 |
| § 5.6 | 基于 DEA 模型的投资决策方法 | 116 |
| § 5.7 | 本章小结 | 117 |
| 第六章 | CAPM 模型及投资组合的优化 | 118 |
| § 6.1 | 引言 | 118 |
| § 6.2 | 资本资产定价模型 | 122 |
| § 6.3 | 实证分析 | 128 |
| § 6.4 | 结论 | 135 |
| 第七章 | 基于随机模拟和 VAR 约束的投资组合优化 | 136 |
| § 7.1 | 引言 | 136 |
| § 7.2 | 基于 Monte Carlo 模拟的资产预期收益率计算原理 | 137 |
| § 7.3 | 基于随机模拟和 VAR 约束下的投资组合优化 | 139 |
| § 7.4 | 小结 | 149 |

第三篇 金融风险评价

| | | |
|--------|-----------------------|-----|
| 第八章 | 熵理论及其在金融风险评价中的应用 | 153 |
| § 8.1 | 熵理论概述 | 153 |
| § 8.2 | 熵理论在金融安全评价中的应用 | 157 |
| § 8.3 | 熵理论在投资组合中的应用 | 166 |
| § 8.4 | 熵理论在并购交易系统复杂性评价中的应用 | 176 |
| 第九章 | 突变理论及其在金融安全评价中的应用 | 186 |
| § 9.1 | 概述 | 186 |
| § 9.2 | 初等突变理论及其在金融安全评价中的应用 | 188 |
| § 9.3 | 高等突变理论及其在国际资本流动预警中的应用 | 201 |
| 第十章 | 粗糙集理论及其在评价指标体系中的应用 | 221 |
| § 10.1 | 概述 | 221 |
| § 10.2 | 粗糙集理论 | 224 |
| § 10.3 | 基于粗糙集理论评价的基本步骤 | 227 |
| § 10.4 | 粗糙集理论方法的应用 | 229 |
| § 10.5 | 本章小结 | 237 |
| 参考文献 | | 239 |

第一篇

证券市场时间序列分析

第一章

股市波动的自回归特征分析

§ 1.1 引言

股市的波动特性体现在实际收益率偏离期望收益率的可能性上，这种可能性越大，股市的波动也越大。可以说股市的波动性代表了未来收益的不确定性。中国股票市场经过十几年的快速发展，已经有一千多只公司股票上市，市价总值最高近 7 万亿元，流通市值最高也近 2 万亿元，股票投资日益成为个人和机构的主要投资工具。股票价格的波动对居民和公司的资产变动的影响日益扩大，对国民经济的影响日益加深，因而成为人们关注的焦点。我国证券市场从 90 年代初成立至今虽然只有十几年的时间，但其发展迅速，目前已经成为刺激投资，推动我国经济发展的一个不可或缺的部分。由于时间过短，法制不健全，市场监管不力，实证分析远远地落后于股市本身的发展，这些原因造成了我国的股票市场具有浓厚的投机色彩，从而股价波动十分剧烈和频繁。股票市场的波动性反映了市场的不确定性和风险，我国股票投资者风险承受能力比较弱，因此，投资者对证券风险十分敏感，高风险必然要求得到高的回报。对波动性进行研究，进而分析股票市场的不确定性和风险已成为众多学者和金融市场参与者广泛关注的热点。

美国的历史数据显示，在 1925 年到 1975 年之间把资金投资

于股票和投资于政府债券收益率相差竟达6%。由于股票投资和无风险投资的收益率差称为股权溢价，股票高平均回报和低无风险利率意味着股票的期望超额回报高，即股票溢价高。但是消费的平滑性使得股票回报与消费的协方差较低，所以股票溢价只能由非常高的风险回避系数来解释。Mehra Prescott (1985) 将此问题称为“股票溢价之谜”。在估计中国股票市场风险溢价时，面临的难题之一就是数据不完整，由于中国股票市场重建较晚，并且建立初期发展并不迅速，那么可以得到的数据不多，更由于中国股市是一个政策市场，股票市场的大起大落比较常见，故在可以得到的数据中，数据与数据之间会比较分散而不是连续，这样，研究起来会产生很大的误差。

Rietz and Tom (1988) 利用近百年来美国数据对“股票溢价之谜”检验的有效性是否与他们使用的数据集有关进行了研究。研究发现这些数据有一个所谓“比索问题”(Peso problem)。后来，“比索问题”被进一步发展为所谓的“灾难性预期”(Catastrophe Expectation)，就是说，在面对不确定的未来时，人们总会预期未来的某一天可能会出现某种不利的意外事件。当这种意外事件会带来极大的损失时，人们在当前就会要求某种保险手段，或者直接向保险公司投保；或者要求在当前的交易行为中直接得到补偿，比如压低当前的资产价格。当有一件重要事件发生的正可能性时，一个Peso问题上升，当投资者校正股价时，往往会考虑该种可能性。假设在一个特别的样本期间该事件没有发生，投资者会在样本中表现出非理性，经济学家会错误估计他们的偏好。

试图解释股权溢价之谜，以Rubinstein (1976) 的工作为基础，Shiller (1982)，Hansen 和 Jagannathan (1991) 将风险溢价之谜跟随机贴现因子的波动性、或代表性投资者的跨期边际替代率的波动性联系起来。它可以表达为，股票溢价之谜就是，一个

非常波动的随机贴现因子 (SDF) 要跟股票溢价与股票回报的标准差的比率相匹配。对于这个谜的其他学者的解释: Kandel 和 Stambaugh (1991) 等一些作者就股票溢价之谜提出了另外的看法, 他们认为风险回避实际比传统认为的高。所以就不存在股权风险溢价的谜了。但是这又引发了另外的一个谜, Weil (1989) 提出的“无风险利率之谜”。假如投资者是高风险回避的, 那么他们有很强的意愿将财富从高消费期间转移到低消费期间。由于消费会稳定增长, 则高风险回避使得投资者愿意通过借贷来减少未来消费与当前消费的差异。为了跟我们观察到的低实际利率相适应, 我们必须假定, 投资者是非常具有忍耐力的; 他们的偏好给予未来消费几乎跟当前消费一样的权重, 或者甚至更大的权重。换言之, 他们有着低的或者甚至负的时间偏好率。负的时间偏好率是不可能的, 尽管现值公式在使用负的贴现率时也能收敛, 但是这不合情理, 因为人们偏好于更早的效用。所以 Kandel 和 Stambaugh (1991) 对这个谜的解释不很合理。Barsky, Robert and J. Brad De Long (1993) 利用投资者的非理性预期理论来研究资产市场的风险价格的时变性也能够产生于不同行为者之间的互动问题。研究发现假设投资者对经济过度悲观, 他们高估短期债券, 低估股市; 有助于解释股市溢价和无风险利率之谜。假如投资者随经济增长的变化有持久性, 当高经济增长时, 他们将高估股市; 当低经济增长时, 他们低估股市, 这导致风险价格的时变性。

Campbell, John Y., and John H. Cochrane (1999) 对于短期实际利率、消费、红利的波动进行研究分析以及风险的价格随着时间的变化而变化的关系。他们发现: (1) 假如一个资产的价格今天高, 那么它的红利在明天要高、或者它的回报在今天和明天之间要低, 或者明天的股价更高; (2) 资产被定价如有一个代表性行为者, 他的效用是消费和“习惯”之间差距的幂

(power) 函数, 其中, 习惯是过去总体消费的缓慢地非线性移动平均。相对于历史水平, 消费较低时, 该效用函数使得行为者在不景气的时候比在景气时候变得更加风险回避。小量的消费(红利) 风险通过易变的风险回避来放大之后, 就能解释股市波动; 一股市溢价能够由股市高波动性和高平均风险回避水平来解释。

传统计量经济学模型在描述股票市场收益率时往往假设收益率的方差不变, 但是大量研究表明波动率不仅随时间 t 变化而且常在某一时段中连续出现偏高和偏低。对于这种具有“尖峰厚尾、持久记忆、波动集群”等现象的时间序列, 传统经济计量方法所要求的同方差性的条件得不到满足。Engle 于 1982 年首先提出了 ARCH 模型, 较好地描述了股价等金融变量的波动特征, 并处理厚尾的能力。Bollerslev (1986) 在 Engle 的基础上对异方差的表现形式进行了扩展, 形成了应用更为广泛的 GARCH 模型。在此基础上, 经济学家们又对上述模型进行了扩展和完善, 形成了 GARCH—M、TGARCH、EGARCH 等模型, 进而形成了一个 ARCH 模型族。

§ 1.2 模型概述

1. ARCH 模型

传统的股票预测模型采用均值方差来修正某时间段的股价波动情况。但是, 股票价格变化所带来的方差是随着时间而变化的, 并且在不同时间分段呈现一定的相似性。针对这一现象, Engle 于 1982 年提出了 ARCH (Auto - regressive Conditional Heteroscedasticity) 模型, 以便成功模拟这种异方差自回归现象, 从而更准确地刻画股市收益率的长期记忆性。在 ARCH 模型中, 除了常规的条件均值方程之外, 还引入方差的自回归约束方

程，即：

$$\begin{cases} \text{均值方程: } y_t = x_t' \beta + \varepsilon_t \\ \text{方着约束方程: } h_t = \text{Var}(\varepsilon_t / \psi_{t-1}) = \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \cdots + \alpha_q \varepsilon_{t-q}^2 \end{cases} \quad (1-1)$$

其中 $\{\psi\}$ 为以前所有信息的集合。约束条件方差 h_t 表示的是收益率 y_t 随时间序列变化而表现的异方差，并服从均值为 $(x_t' \beta)$ ，随机误差为 ε_t 的正态分布。 q 为条件方差自回归阶数。

ARCH 模型的最基本特点是认为随机误差 ε_t 的方差 h_t 是由 $\varepsilon_{t-1}, \varepsilon_{t-2}, \dots, \varepsilon_{t-q}$ 决定的， h_t 的特殊形式描述了金融市场价格波动的自相似性。当 ε_{t-1} 较大时， ε_t 的方差也必然较大，即 y_t 在 t 期的一个大的跳跃很可能导致它在 $t+1$ 期的大波动，反之亦然。这样 y_t 的波动特征就被反映出来。回归阶数 q 越大，波动持续的时间也就越长，大部分金融时间序列表现出长记忆过程，但是当 q 值较大时，模型对波动特征的描述和估计将会产生较大的误差。

2. GARCH 模型

实践表明，金融时间序列具有高阶的 ARCH 效应，ARCH 模型也能较客观地描述这一现象，但它还不能反映出模型本身的 q 阶截尾性。模型假定方差是滞后残差平方的函数，因此残差的符号不影响波动，即方差对正的价格变化和负的价格变化的反应是对称的，这与现实情况不符。另外，为了保证 h_t 非负，模型假定条件方差方程中所有系数均大于零。这些约束隐含着的任何滞后项增大都会增加 h_t ，因而排除了 h_t 的随机波动行为，这使得估计时可能出现震荡现象。为了使金融时间序列数据特性更加简洁和精确地反映实际，Robins (1987) 等引入了 GARCH(1,1) - M 模型。该模型在均值方程中引入了条件方差 h_t ，从而反映股票收益和收益变化波动之间的相关关系。

$$\begin{cases} \text{均值方程: } y_t = x_t' \beta + \varepsilon_t + \gamma \sqrt{h_t} \\ \text{方着约束方程: } h_t = \text{Var}(\varepsilon_t / \psi_{t-1}) = \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \beta h_{t-1} \end{cases} \quad (1-2)$$

在本文的均值方程中将引入解释变量 h_t ，同样能达到揭示股票风险和收益间关系的目的，且更加直观。其中 α ， β ， γ 为常数系数。

3. TGARCH 模型

在 GARCH 模型中，条件方差对正的价格变化和负的价格变化的反应是对称的，这与证券市场常呈现不对称性的现实不符，故 Zakoian (1994) 等人引入了 TGARCH 模型对各股市的杠杆效应进行分析。在 TARCH 模型中，条件方差定义为：

$$h_t = a_0 + \alpha \varepsilon_{t-1}^2 + \beta h_{t-1} + \gamma \varepsilon_{t-1}^2 d^{t-1} \quad (1-3)$$

其中，当 $\varepsilon_t < 0$ 时， $d_t = 1$ ；否则 $d_t = 0$ 。

在这个模型中，好消息 $\varepsilon_t > 0$ 和坏消息 $\varepsilon_t < 0$ 对条件方差有不同的影响，好消息有一个 α 的冲击；坏消息有一个 $(\alpha + \gamma)$ 的冲击。如果 $\gamma \neq 0$ ，则信息是非对称的，如果 $\gamma > 0$ ，我们说存在杠杆效应，非对称效应的主要效果是使波动加大；既利空消息对股市波动的作用大于利好消息，反之，利好消息的作用大于利空消息。

4. EGARCH 模型

为了保证 h_t 非负，模型假定条件方差方程中所有系数均大于零，Nelson (1991) 提出了 EGARCH 模型。EGARCH 模型中的条件方差还采用了对数形式，即：

$$\log(h_t) = \alpha_0 + \alpha \left| \frac{\varepsilon_{t-1}}{\sqrt{h_{t-1}}} \right| + \beta \log(h_{t-1}) + \varphi \frac{\varepsilon_{t-1}}{\sqrt{h_{t-1}}} \quad (1-4)$$

等式左边是条件方差的对数，这意味着杠杆影响是指数的，而不是二次的，所以条件方差的预测值一定是非负的。杠杆效应

的存在能够通过 $\varphi < 0$ 的假设得到检验。

§ 1.3 实证分析

中国股票市场是一个新兴市场，与成熟资本市场相比，制度对市场波动的影响比较明显。2006 年以来，我国的股市呈现为牛市，而伴随着这种牛市的到来，我国股市收益率波动也呈现出一定的新特征。近年来，国内学者张维等（2001）及王春峰等（2003）采用传统的 R/S 分析方法检验我国深沪两股市周收益和日收益的长记忆，指出两股市均有较强的长记忆特征。另外一些学者也利用 ARCH 模型研究我国股票市场的波动特征。丁华（1999）以上海证券市场的 A 股指数为对象，研究了上证指数中的 ARCH 现象；张思奇（2000）利用 ARCH - M 模型研究了我国股票市场收益率的时间序列行为并分析了风险溢价的时变性；史代敏（2002）的研究显示，1996 年后外部冲击对我国股市波动的影响的持续性有所，市场记忆性变长了。岳朝龙（2001）的研究表明在它的研究数据样本期间中国股市是存在杠杆效应的，表现为利空消息的影响大于利好消息的影响。但是，在当前我国的两市表现的状况是利好消息作用远大于利空消息的作用，股市异常的热。根据陆蓉、徐龙炳（2004）的研究显示，利空消息和利好消息的影响在牛市和熊市表现有所不同，正好也验证了这一点。因此，研究我国股票市场在过去不同时期风险变异性的特征，深入认识市场的制度缺陷以及市场对外部冲击的反映，对于完善市场制度、提高市场效率具有明显的现实意义。

§ 1.3.1 基于 ARCH 模型族的国际股票市场风险分析

以上证综合指数、纳斯达克指数、英国 FTSE100 指数、法国巴黎指数（CAC40）、德国法兰克福（DAX）指数、香港恒生

指数，台湾加权指数，日经指数为研究对象，选取至 2007 年 11 月 9 日为止的 1000 个交易日的日收盘指数的数据，分别采用上述模型来研究股价指数的收益率波动特性。股价指数的日收益率用相邻两天股价指数对数的一阶差分来表示，即 $r_t = \ln (p_t / p_{t-1})$ ，其中 P_t 为第 t 日的收盘指数， P_{t-1} 为第 $t - 1$ 日的收盘指数。

首先对 8 个股票指数的样本期内的股票日收益率时间序列进行一般统计特征描述，具体结果见表 1 - 1，可以看出各个市场的日收益率序列的偏度都小于 0，峰度都大于 3，呈现于正态分布相比左偏、“尖峰厚尾”的特征，如图 1 所示；Jarque - Bera 正态检验统计量都明显大于临界值，从而拒绝正态分布的原假设。为了节省页面，图 1 - 1 中只画出了上证指数和纳斯达克指数的日收益率概率分布图，其它股指的情况也大致一样。

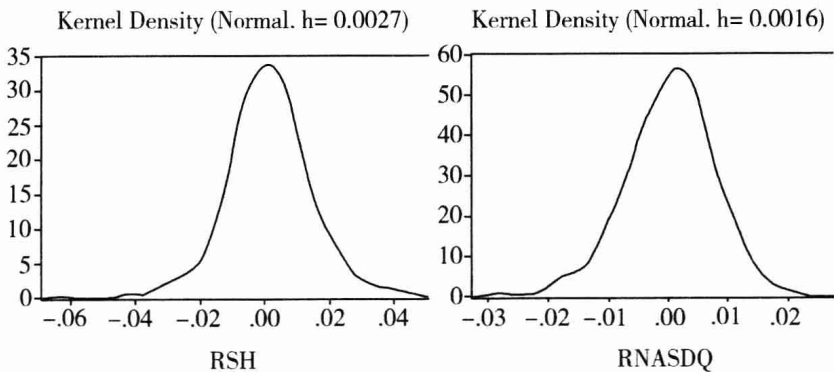


图 1 - 1 上证指数和纳斯达克指数的日收益率概率分布密度图

我们进一步对样本的日收益率序列进行单位根检验，即采用 Augmented Dickey - Fuller 检验，如表 1 所示，在 1% 的显著性水平下，上证指数日收益率序列的 ADF 检验 t 统计量远小于 MacKinnon 临界值，从而拒绝原假设，即各股市收益率序列均不存在单位根，是平稳序列，故可以用自回归模型解释序列变化。