

国家自然科学基金重大项目(金融工程)丛书

金融工程原理

无套利均衡分析

不懂得无套利均衡分析，就是不懂得现代金融学的基本方法论，当然，也就不懂得金融工程的基本方法论。

宋逢明 著



清华大学出版社

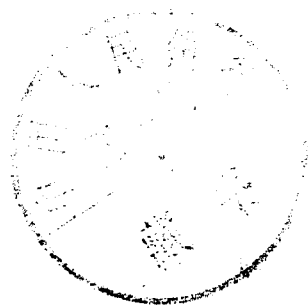
<http://www.tup.tsinghua.edu.cn>

国家自然科学基金重大项目(金融工程)丛书

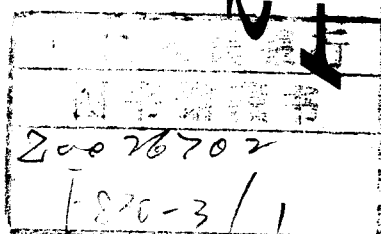
金融工程原理

——无套利均衡分析

宋逢明 著



Z0026702



清华大学出版社

(京)新登字 158 号

内 容 简 介

本书全面而系统地围绕现代金融学的基本方法论——无套利均衡分析讨论金融工程的原理。通过研读本书,读者将能通晓现代金融学的核心内容,掌握设计、开发和实施新型金融产品的的基本方法、技术和工具,完成作为金融工程师的基础训练。

全书共分 10 章。第一章引入基本的无套利均衡分析方法;第二章讨论利率的期限结构,帮助读者建立正确的货币的时间价值概念;第三章和第四章介绍基本的投资和资产定价理论;第五章和第六章通过介绍期权定价理论讨论动态无套利均衡分析;第七章是理论核心,讲解等价鞅测度模型和无套利均衡基本定理,阐明无套利均衡定价与风险中性定价之间的关系;第八章将无套利分析用于各种或有要求权的估值,进而介绍企业融资和投资决策的新技术与新工具;第九章讨论市场环境、交易方式与资产定价,引导读者认识市场结构;第十章概述各种新型的风险管理技术与工具。

本书可用作文科和理工院校金融、财务、会计、经济和企业管理等专业高年级本科生和研究生相关课程的教材和教学参考书,也可供银行、证券、保险等金融业从业人员或有兴趣的读者阅读与学习参考。

版权所有,翻印必究。

2067/28

图书在版编目(CIP)数据

金融工程原理:无套利均衡分析/宋逢明著. —北京:清华大学出版社,1999.10

(国家自然科学基金重大项目金融工程丛书)

ISBN 7-302-03714-0

I. 金… II. 宋… III. 金融学 IV. F830

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 42883 号

出版者:清华大学出版社(北京清华大学校内,邮编 100084)

<http://www.tup.tsinghua.edu.cn>

印刷者:北京市通州区人民文学印刷厂

发行者:新华书店总店北京发行所

开 本:787×1092 1/16 印张:14 字数:331 千字

版 次:1999 年 10 月第 1 版 1999 年 10 月第 1 次印刷

书 号:ISBN 7-302-03714-0/F·237

印 数:0001~5000

定 价:20.00 元

作者说明

在写作本书时,我给自己规定了三项要求:

第一,本书的内容应使文科背景的读者也能理解,从而广大财经类院校的金融专业也可用作教材或教学参考书。对于理工科背景的读者则更是如此。

第二,内容体系要形成特色,即不但国内没有类似的中文著作,也没有现成的英文著作可以直接翻译引进。

第三,尽可能包含最新的研究成果,尤其是 90 年代以来的新发展。还应介绍我们结合中国实际所做的一部分研究。

现在,本书已经交付出版了。我希望本书第一版至少能够部分地符合以上要求。

金融学是一门非常年轻的学科,它从经济学中分离出来成为一门独立的学科还不到半个世纪。无疑,经济学是金融学的基础,金融学发展的过去、现在和将来都必须不断地从经济学的研究成果中汲取营养。但是,金融学从内容、方法到工具,都已经形成了自己独有的学科特色。它不但已经是一门科学,而且在向工程化方向发展,直接地、大规模地创造经济和社会的效益。

金融学从 50 年代奠基到六七十年代成形,在整个这段时期中国都处于封闭状态,当时中国的经济学者没有机会系统地学习和掌握金融学的理论体系。改革开放以后,现代金融学才被逐渐地介绍到国内。至于金融工程的引进,则还是最近几年的事情。由于这种历史原因,目前国内金融学科的教学和研究体系,还存在与国际规范不接轨的地方。国际上金融学科的发展主流在商学院,教学和研究的內容集中在企业和市场的层面,主要由公司财务和资本市场两大部分组成。这两个部分是互相紧密联系的,因为金融系统只有通过企业的财务活动才能真正和实物经济发生联系,而企业的价值又要经过金融市场的交易才能得到正确的评估。由此出发,因为金融学研究的核心问题是金融/财务决策,尤其是强调实际的交易和运作,所以数理工具的使用是必不可少的,但是国内现在大部分金融学专业还是以文科设置的。

金融学 and 经济学一样是从文科发展而来的。文科背景的研究人员以他们艰苦而巧妙的思辨方式,在经济学和金融学的早期研究中,做出了卓越的贡献,并对后来的发展产生了不可磨灭的影响。在经济学和金融学的发展过程中,数理工具是逐渐被引入和融化在其中的。金融系统是由人参与的复杂系统,与工程方面的复杂系统有很大的不同。对于这一类复杂系统的研究,文科的思维方式依然起到核心的作用。事实上,国际上第一流的金融学家在他们的研究工作中,都是将定性的思维和定量的分析高水平地统一到一起的。我并不认为现在金融学发展的主要障碍在于数学训练的不足,相反,我们反对采用非常高深的数学把经济学和金融学搞成只有少数数学专业工作者看得懂的东西。自 80 年代以来,国际学术界也对在经济领域的研究中曾过度使用数理工具进行过反思和批判。对于金融

学的研究来说,最重要的仍然是经济学和金融学的理念和意识。我非常有兴趣在金融学研究的方法论方面与同行学者进行探讨,并在本书的序言中提出了一些抛砖引玉的意见。

国内金融学界对数理工具的重要性已经有比较清醒的认识,明显的例证是大部分文科财经类金融专业已经开设了许多数理方面的课程来弥补以往教学的不足。现在的问题是数理训练还未能与经济学和金融学的教学和科研有机地结合起来。但有一点是可以肯定的,现在文科金融专业的师生要阅读规范的金融学文献资料,在数学训练方面并没有严重的欠缺,而仅仅是习惯的问题,即不习惯于比较抽象的数学表达方式。我们在本书中只用到微积分、线性代数、概率论和数理统计的初等知识。对于现在文科财经类专业的学生来说,这些知识都是具备的。而且,我们把稍微难一点的数学推理都放到了数学附录里。不阅读这些附录基本不会影响对内容的理解。因此,如果文科背景的读者在学习本书时一时感觉到困难的话,只要有耐心,稍稍坚持一下,就一定能跨越所有的障碍。而且,这将帮助读者逐渐适应阅读带有数理模型的经济学和金融学文献资料。

金融工程作为一门学科确立只是 90 年代以来的事情,国外也只出版了十来本冠以金融工程名目的书籍。国内已经有了两个比较重要的译本。一本是马歇尔及其助手编写的《金融工程》(宋逢明等译,清华大学出版社出版),这是系统而全面介绍这一新兴学科的著作。马歇尔教授原来是国际金融工程师学会的执行主席,是国际上创立这一学科的先驱之一。另一本是格利茨著的《金融工程学》(唐旭等译,经济科学出版社出版),在技术层面讲得相当好。但是这两本书都没有讲解原理,因为他们认为读者是已经掌握了原理方面的知识的。而讲述原理的内容,在英文教科书里,又都散见于公司财务和投资学的教程里,或者在一些写得相当艰深的专著中,还没有发现一本适合金融工程教学的系统讲解原理的书籍。正因为如此,才促使我下决心来写一本这样的著作。

在本书的内容取材上,尽可能地选取了一些最新发展的研究成果。金融学的发展日新月异,尤其是金融工程诞生以后,各种新的产品(包括技术、工艺和工具等)层出不穷。我只是尽自己所知来做介绍,难免挂一漏万。我指导自己的博士、硕士研究生对新兴的中国金融市场开展了部分金融工程课题的研究,获得了一些颇有意义的结果,本书中对此做了一些简单的介绍。这些研究成果在整理后将以其他的方式发表。

我特别感激国家自然科学基金委员会,正是基金委的支持和鼓励,才使我在金融工程的研究方面取得一些成绩,也使我有勇气为在中国建立符合国际规范的现代化金融学科呐喊。基金委管理科学部和数学学部以大无畏地创导科学的精神,设立了“九五”自然科学基金重大项目“金融数学、金融工程及金融管理(项目编号 79790130)”,为推动我国金融学科的现代化做出了历史性的贡献。本书也是我所主持的该重大项目中“金融工程”课题的一项研究成果。

本书的部分内容为清华大学经济管理学院金融专业的高年级本科生和硕士、博士研究生讲授过。我的博士和硕士研究生梁洪昀、唐俊、田萌为本书设计了部分练习题,谭慧和齐莹的部分研究成果已被吸收入本书中。

鉴于自己的学识和水平,本书中难免存在许多错误与不当之处,敬请读者和同行批评指正。

宋逢明

1999 年 7 月于清华园

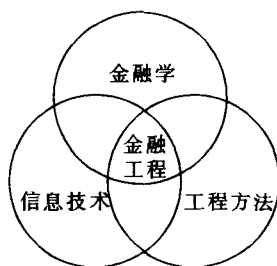
序言：金融工程的方法论基础

金融工程是 80 年代末,90 年代初出现的一门工程型的新兴学科。它将工程思维引入金融领域,综合地采用各种工程技术方法(主要有数学建模、数值计算、网络图解、仿真模拟等)设计、开发和实施新型的金融产品,创造性地解决各种金融问题。

金融产品的涵义是广义的,它既包括金融商品(所有在金融市场交易的金融工具(亦称有价证券),如股票、债券、期货、期权、互换等都可看作是金融商品),也包括金融服务(结算、清算、发行、承销等都是金融服务)。而设计、开发和实施新型金融产品的目的是为了创造性地解决金融问题,因此金融问题的解(solution),也就可以看作是金融产品。这就给金融产品以最宽泛的定义。

这里提到的“新型”和“创造性”有三层涵义:一是指金融领域中思想的跃进,其创新程度最高,如第一份期权合约的产生;二是指对已有观念作重新理解与运用,如在商品交易所推出金融期货作为新品种;三是指对已有的金融产品进行分解和重新组合,目前层出不穷的新型金融工具的创造,大多建立在这种组合分解的技术之上。

当我们把银行金融业真正看作一种产业的时候,就同样会有它的产品、创造产品的技术和工艺、生产和营销产品的企业(银行和其他金融机构)、交易产品的市场(金融市场)。金融工程的问世,使金融作为一种产业得到了支持它发展的工程学科,就像机械工程支持机械工业发展,电子工程支持电子工业发展一样。而金融工程的创新特征,说明它所提供的是金融业本身的高新科技。事实上,这种金融领域的高新科技已经发挥了巨大的作用。国际炒家在世界范围的金融市场兴风作浪时,他们并不是在盲目地投注赌博,而正是利用这种高新科技,设计出非常精妙的大规模套利和投机策略,向各国金融市场的薄弱环节发动进攻。而各国政府和金融当局,也必将求助于此类高新科技,才能保卫自己的经济和金融的稳定和持续发展。



金融工程大量采用图解、数值计算和仿真技术等工程手段来研究问题。而且,金融工程的研究直接而紧密地联系着金融市场的实际。大部分真正有实际意义的金融工程研究,

必须有计算机技术的支持。图解法需要计算机制表和作图软件的辅助,数值计算和仿真则需要很强的运算能力,经常用到百万甚至上亿次的计算,没有计算机的高速运算和辅助设计,这些技术将失去意义。金融产业与信息产业的结盟,是金融工程的产业背景。

因此,我们可以把金融工程看作现代金融学、信息技术和工程方法的结合(见上图)。它本身是一门新兴的交叉学科,是金融科学的工程化。任何一门科学学科,只有经过工程化,面向产品的创造,才能产生大规模的经济和社会的效益。因此,在金融工程领域的一些领先学者,认为金融工程的产生把金融科学推进到一个新的阶段。

讨论金融工程的方法论基础也就应当从交叉学科的角度出发来进行,即我们要从现代金融学、信息技术和工程方法三个方面和它们的交叉来展开讨论。

第二次世界大战前,金融学完全是经济学的一个分支学科。金融学研究的方法论,总的来说和当时经济学研究的方法论相同。以定性的思维推理和语言描述为主,基本上采用的是经济学的供需均衡分析。一般认为,现代金融理论起始于 50 年代初。当时,哈里·马柯维茨(H. Markowitz)提出了投资组合理论,最先把数理工具引入金融研究,因此被看作是分析金融学的发端。在这之前,金融学的研究是描述性的,没有精致的数量分析。后人把马柯维茨的工作和 70 年代初布莱克和舒尔斯提出第一个期权定价公式这两项有较强数学性的工作称为“华尔街的两次数学革命”。

但是,数学毕竟只是工具,数理工具的引入只标志着定量分析开始占据重要的地位。事实上,战后数理经济学和计量经济学的突飞猛进同样意味着定量研究在经济学中发挥了重大的作用。当然,“华尔街的两次数学革命”建立起分析金融学的理论框架,因而数理工具对于现代金融学的研究来说是必不可少的。国际金融学术界一般认为,这一理论框架到 80 年代已经基本确立。现在分析金融学的研究仍然是重要的,就像当今机械工程的发展,仍然离不开力学研究的支持一样。

金融学在研究方法上完全从经济学中独立出来,应当是在 50 年代后期莫迪格里亚尼(F. Modigliani)和米勒(M. Miller)在研究企业资本结构和企业价值的关系(即所谓的 MM 理论)时提出的“无套利(No-Arbitrage)”分析方法。这才是现代金融学的真正的方法论革命!西方主流经济学研究的基本方法是供给和需求的均衡分析,着眼点常常在均衡的存在性和均衡的变动情况。而金融研究的一项核心内容是对金融市场中的某项“头寸”(头寸指对某种金融资产的持有或短缺)进行估值和定价,分析的基本方法是将这项头寸与市场中其他金融资产的头寸组合起来,构筑起一个在市场均衡时不能产生不承受风险的利润的组合头寸,由此测算出该项头寸在市场均衡时的价值即均衡价格。

当市场处于不平衡状态时,价格偏离了由供需关系所决定的价值,此时就出现了套利的机会。而套利力量将会推动市场重建均衡。市场一恢复均衡,套利机会就消失。在市场均衡时无套利机会,这就是无套利均衡分析(严格地说,应称为“无套利机会的均衡分析”,不过这样说太拗口了)的依据。市场的效率越高,重建均衡的速度就越快。金融系统无疑是一个复杂系统。在金融市场中,各个市场参与者想法各异,尤其是个人的风险偏好很不一样,但是,只要出现套利机会,所有的市场参与者就都会抓住机会去套取无风险利润。而套利机会消除后所确定的均衡价格,就与市场参与者的风险偏好无关。因此,无套利均衡分析的思路是非常巧妙的,它抓住了金融市场均衡的最为本质的特性。

现代金融理论研究后来取得的一系列突破性成果,如套利定价理论,以至期权定价公式,都是灵活地利用这种“无套利”的分析方法而得到的。在期权定价理论中,所构筑的组合头寸是动态地保持住无套利特性的,因此需要用微分方程来刻画。

由市场的供需关系所主导的市场价格均衡,一旦价格失衡,就会有許多参与者调整自己的行为来重建市场均衡,但每位市场参与者只对自己的供需状况做有限范围的调整。套利则不然,一旦出现套利机会,每一位套利者都会尽可能大地构筑套利头寸。从理论上讲,因为金融市场容许卖空(对于许多金融商品来说,实际的金融市场也容许卖空。广义地说,只要有信用借贷关系出现,就意味着卖空,而信用借贷关系则是金融所特有的),所以只需要少数几位(甚至在理论上只需一位)套利者就可以重建市场均衡。因此,无套利均衡比供需均衡所产生的市场推动力要强得多,重建市场均衡的速度也要快得多。这就是金融市场的效率为什么要比其他的商品市场和服务市场高得多的原因。反过来,金融市场的这种本质特性决定了对它采用的研究方法应当有别于其他的市场。这是无套利均衡分析方法的根本涵义。也正因为如此,金融市场中价格的变动要比其他市场更为激烈和频繁,风险管理的重要性也就更为突出。

“金融工程师”的称谓起始于本世纪80年代伦敦的银行界。当时有的银行建立起专家小组,对客户的风险进行度量,并应用组合工具进行结构化管理。这一类工作就被称为金融工程,而从事此类工作的专家就被称为金融工程师。因此,金融工程原先的狭义定义就是金融风险管理工具和技术的研究。随着七八十年代以来金融创新和金融自由化浪潮的兴起,人们对金融工程的认识迅速拓宽。成立于1991年的“国际金融工程师协会(IAFE)”把准确地界定这一新兴学科作为自己的职责之一,这就给出了金融工程的广义定义,也就是我们在这里所采用的定义。但无论如何,金融风险管理是金融工程的一个核心内容。

信息技术的进步对金融工程的发展起到了根本性的支撑作用,为金融工程的研究和应用提供了物质条件和强有力的工具和手段。信息技术的发展还通过影响其他环境因素或与其他因素共同作用,对金融工程产生综合而深远的影响。

对金融工程的发展起到最显著的推动作用的信息技术包括计算机的大规模运算和数据处理能力以及远程通讯技术。高速微处理器、个人电脑、网络系统、先进的数据输入技术等计算机硬件设备应用于金融领域,引起了一系列深刻的变革。通讯技术的发展使信息在全球范围内的迅速传播成为现实,使世界金融市场通过信息连成一体。软件技术的发展则使计算机与通讯技术更直接、更充分地服务于金融工程,各种大规模的计算和分析软件包(包括近似计算和仿真计算)为金融工程提供了开发和实施各种新型金融产品、解决金融和财务问题的有效手段。例如,在使用了计算机与证券分析表软件后,使得复杂的涉及多边的金融交易成为可能,促进了货币与利率互换等金融工具的发展。再如,在进行股票指数期货交易时,金融工程师将复杂的运算关系编成程序,并通过计算机系统和通讯端口获取实时数据和交易信息,这种交易策略被称为“程序化交易”。此外,各种新型期权产品的交易更是离不开计算机软件技术和仿真技术。自动化和人工智能技术在金融工程中也有了一定的应用,例如在信用分析、市场模拟等方面取得了很不错的研究和应用成果。

以计算机软、硬件技术和通讯技术为主的多种技术综合应用于金融系统,业已形成了规模巨大的、高效率的金融信息系统。金融信息系统作为一种综合性的金融手段,它的发

展与完善既为金融工程的进一步发展创造了条件,同时也是金融工程本身的重要内容。

信息技术的发展及其在金融系统的广泛应用,降低了交易成本和信息成本,大大地提高了金融市场的效率。各种新型金融产品的投放市场,又增强了金融市场转移和重新配置风险的能力,大大地增加了市场的完全性,从而加强了市场本身抵御和防范金融风险的能力。近年来,因特网技术飞跃发展和对商务领域广泛渗透,网上银行和网络金融市场业务已经构成电子商务的重要组成部分。信息技术对金融工程方法论的影响,还在不断地发展新的涵义。因此,信息技术在金融领域的普遍使用及其支撑作用,是金融工程方法论的又一个重要方面。

所谓工程化的方法论则和其他的现代工程科学一样,主要有数学建模、数值计算、网络图解、仿真模拟等技术手段。工程活动主要依赖于工程师们的创造性劳动,不拘泥于死板的理论教条。工程方法论首先是面向市场,立足于解决实际的问题。产品的设计、开发和实施是一切工程活动的基本内容。在市场经济条件下,产品必须适销对路。如本书序言开头所述,我们给予金融产品最为宽泛的定义。因此,金融工程作为工程型学科的方法论,是围绕着金融产品的创造和实现展开的,而金融产品的推出和改进,又都是以市场为导向的。这就是为什么当前在西方发达国家的金融工程活动,已经发展到“量体裁衣”地提供金融产品的原因。

金融工程的工程方法论大量地采用数学和统计学的工具,也用到其他与系统科学和决策科学有关的工具(如运筹学优化技术)。在计算机信息技术的支持下,也正在发展计算机辅助设计(CAD)和制造(CAM)的技术。至于是否可能向计算机集成制造(CIMS)方向发展,则可能是一个远景。目前,在金融工程的研究方面处于国际领先地位的一些金融学家,正在考虑除了利用金融市场的实际数据开展实证研究——即发展实证的金融学之外,还设想有否可能建立实验室环境来试验各种新设计和开发的金融产品——即发展实验的金融学。总而言之,自然科学和工程的方法论已经向金融学全面渗透。

然而,有一点是最为根本的,金融工程本身是金融学的工程化,因此在本质上是现代金融学的最新发展。现代金融学本身的方法论——无套利均衡分析——也就是金融工程基本的方法论。信息技术和工程方法对金融工程研究的支持,从最基本的方法论角度,应该说都是围绕无套利均衡分析展开的。可以并不夸大地说,不懂得无套利均衡分析,就是不懂得现代金融学的基本方法论,当然,也就不懂得金融工程的基本方法论。就像不懂得供需均衡分析,就不懂得西方经济学的基本方法论一样。

金融工程的一项核心技术是组合分解技术。采用组合分解技术,可以利用基本的金融工具(包括基本的原生工具如股票和债券,也包括基本的衍生工具如远期协议、期货、期权、互换等)作为零部件来组装成具有特定流动性和收益/风险特性的金融产品,也可以通过“剥离”,把原来捆绑在一起的金融/财务风险进行分解,更可以在分解后加以重新组合,从而为收益/风险在市场的流动转移和重新配置提供强有力的手段。如果现有的金融工具所带有的风险是市场参与者无力承担的,采用金融工程的分解技术可以变得能够承担;如果现有工具的风险是市场参与者不愿接受的,采用金融工程的技术可以设计出符合他们的收益/风险偏好的新产品来。组合分解技术本质上就是用一组金融工具来“复制”另一个(或另一组)金融工具的技术,也就是无套利均衡分析方法的具体化。信息技术和工程方法

论对金融工程的支持,一定是通过现代金融学自身的方法论起作用的。离开了金融学自身的方法论,其他方法论在金融领域的作用也就失去了依据。

但是,有一点必须要讲清楚,我们说无套利均衡分析是现代金融学的基本方法论,并不能囊括所有的金融学分析方法;就像说供需均衡分析是经济学的基本方法论,并不能涵盖所有的经济学分析方法一样。尤其是近期发展的信息经济学在公司财务理论与实践中的影响,其分析方法不能简单地归之于无套利均衡分析。但只要联系到由市场来评价企业价值的活动,无套利关系仍然是非常基本的。

建立和发展具有中国特色的金融工程新学科,一定要注意正确的方法论的引导。本书是一本讲解金融工程原理的著作,因此是围绕无套利均衡分析方法全面地展开讨论。希望本书能够帮助读者正确地认识现代金融的实质,掌握金融工程的分析方法和应用技术及工具,为进一步的训练打下良好的基础。

从最近的发展动向看,在北美众多优秀的商学院里,金融工程已经成为金融/财务领域教学和研究的热点。金融工程的形成和发展,正在打破学界和业界的藩篱,使金融学的研究,走出学院的象牙之塔,密切地结合于市场实践。因为金融工程的兴起,华尔街的大银行和金融机构,越来越重视向学界求教。而金融学的教授们,也越来越深地介入商务活动。知识直接转化为财富,金融工程这一新兴学科,带着这样鲜明的知识经济的印记,展现出无可限量的发展前途。

在充满生机和活力的新兴的中国金融产业,需要大批接受规范训练的合格的金融工程师。推动建立具有中国特色的金融工程学科,对于中国金融体系的现代化,有着重要的历史性意义。我们愿意与读者携手努力,共同为这一新兴学科大厦添砖加瓦。

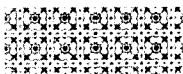
目 录

序言：金融工程的方法论基础	VII
第一章 无套利均衡分析方法	1
1. 企业价值的度量	1
2. MM 理论	2
3. 加权平均资本成本	4
4. MM 理论的涵义	6
5. 状态价格定价技术	8
6. 市场的完全性	11
7. 小结	11
练习题	12
第一章数学附录	13
状态价格的涵义	13
第二章 利率的期限结构	14
1. 利率的确定	14
2. 金融风险和无风险证券	16
3. 国库券的收益曲线	17
4. 折现因子	20
5. 远期利率	21
6. 互换的定价	25
7. 收益曲线的形状	30
8. 小结	31
练习题	31
第三章 两基金分离定理与资本资产定价模型	33
1. 投资组合的选择	33
2. 预期收益和风险的权衡	34
3. 风险的分散化	35
4. 两基金分离定理	40
5. 资本市场线	40

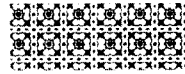
6. 市场组合	42
7. 资本资产定价模型(CAPM)	44
8. 小结	46
练习题	47
第三章数学附录	48
1. 两基金分离定理的证明	48
2. 证券市场线的推导	50
第四章 指数模型和套利定价理论	51
1. 单指数模型	51
2. 市场模型	53
3. 多指数模型	54
4. 套利概念的深化	55
5. 单因素的套利定价理论(APT)	57
6. 多因素的套利定价理论	61
7. APT 和 CAPM 的比较	62
8. 小结	63
练习题	63
第四章数学附录	65
套利定价理论用于单项资产定价的数学证明	65
第五章 期权定价与动态无套利均衡分析	67
1. 期权简介	67
2. 期权定价的基本无套利关系	70
3. 买权和卖权的平价关系	72
4. 动态无套利均衡分析	75
5. 期权定价——二叉树方法	76
6. 风险中性假设	79
7. 利用风险中性假设的二叉树定价	81
8. 小结	82
练习题	83
第六章 布莱克-舒尔斯期权定价模型	84
1. 股票价格运动的规律	84
2. 布莱克-舒尔斯期权定价模型	86
3. 风险中性定价	89
4. 布莱克-舒尔斯期权定价公式的推广	92
5. 其他方面的推广	94

6. 小结	95
练习题	96
第六章数学附录	97
1. 伊藤引理的证明	97
2. 关于伊藤过程的说明	97
第七章 等价鞅测度模型和无套利均衡基本定理	99
1. 多阶段证券市场模型和自融资简单交易策略	99
2. 价格体系和多阶段证券市场模型的生存性	101
3. 等价鞅测度	103
4. 无套利均衡基本定理	105
5. 数字例子	108
6. 小结	112
练习题	113
第八章 或有要求权的估值	114
1. 折现现金流估值: 债券和股票	116
2. 或有要求权估值: 债券和股票	123
3. 动态复制技术	126
4. 公司的融资决策	128
5. 认股权证	130
6. 可赎回债券	131
7. 可转换债券	132
8. 可赎回的可转换债券	134
9. 公司的投资决策	136
10. 实物期权	137
11. 实物期权与金融期权的比较	139
12. 小结	140
练习题	140
第八章数学附录	142
固定收入折现现金流的估值关系	142
第九章 市场环境、交易方式与资产定价	143
1. 有效率市场假设	143
2. 盯市与非盯市: 期货与远期	147
3. 相对优势的利用和金融中介的作用: 互换	155
4. 各种利率期权	161
5. 利率的期限结构模型	163

6. 小结	168
练习题	169
第十章 风险管理概述	171
1. 风险的分类	171
2. 风险暴露和风险管理	174
3. 风险转移方法	176
4. 套期保值的基本原理	177
5. 组合保险技术	182
6. 久期与凸性	184
7. 风险价值	188
8. 信用矩阵	190
9. 组合与分解—复合金融工具	195
10. 小结	198
练习题	199
第十章数学附录	201
1. 关于调整复制组合要花费的成本的说明	201
2. 组合保险投资比例变化规律的数学证明	202
3. 组合保险的有保障收益	202
4. 久期可加性的证明	203
参阅资料	204
后记：金融工程的发展展望	207



第一章 无套利均衡分析方法



现代金融学研究的基本方法是所谓的无套利均衡分析(No-Arbitrage)方法。虽然在经济学的研究中早就有所谓“一价定律”的表述,其中含有类似无套利均衡的思想(二者严格地说是区别的),但金融市场具有有别于其他商品和服务市场的特性(我们在本书中将逐渐向读者展示这些特性),无套利均衡分析方法因此具有特别显著的重要性。

在现代金融学中,这一方法最早体现在莫迪格里亚尼(Franco Modigliani)和米勒(Robert Miller)研究企业资本结构和企业价值之间关系的重要成果(即所谓的MM理论)中。可以说,这一研究方法标志着现代金融学在方法论上从传统经济学的研究中独立出来,而且成为取得后续一系列金融研究成果的基本分析手段。因此,这一方法也是金融工程面向产品设计、开发和实施的基本分析技术。我们从介绍MM理论的内容入手,来介绍这一方法的思路。

1. 企业价值的度量

企业的价值就是企业总的资产的价值。对于资产的价值,有两种不同然而非常基本的度量方法:一种是会计上度量的账面价值,一种是金融/财务上度量的市场价值。会计是根据资产所发生的历史成本减去损耗(折旧)后所剩的净价值核计的。金融/财务则是将该项资产未来创造的收入现金流用资产的预期收益率(这个预期收益率称为这项资产的资本成本)折现后的现值作为资产的价值,而这实际上也就是市场对这项资产价值的评价,即资产的市场价值。因此,会计的账面价值的度量是面向过去的,金融/财务的市场价值的度量则是面向未来的。整个企业在会计上的账面价值是由所有资产的账面价值加总得出的,在金融/财务上的市场价值则是将所有的资产合到一起后(合到一起会产生某种组合效应),能够创造出的未来的收入现金流用企业总的资本成本(即加权平均资本成本——参见后文)折现后的现值。

对于任何企业(个人或组织)来说,下述关系式恒成立:

$$\text{资产} = \text{负债} + \text{权益}$$

在会计上,这个关系是靠复式记账(“有借必有贷,借贷必相等”)来保持的。在金融/财务上,这个恒等关系意味着企业的价值(即其总资产价值)是由其负债和权益在金融市场上的总市值来度量的。因此,金融市场的存在,使企业的市场价值得以度量和评定。

因为我们研究的是金融/财务问题,所以从现在开始,若非特别指明,我们凡提到价值,都是指市场价值,即由金融市场上的均衡价格所反映的价值。

经典的公司财务理论认为,企业财务管理的目标在于使所有者的财富最大化。这里要

注意的是,资产价值的最大化不能简单地等同于权益价值(所有者掌握的企业净价值)的最大化。对于股份公司来说,只有每股权益价值的最大化才真正反映了股东(公司所有者)的财富最大化。所以,股票价格的变动确实反映了股东所拥有的财富的变动情况。

2. MM 理论

在 50 年代后期提出的 MM 理论曾经极大地震惊了金融学术界,莫迪格里亚尼和米勒为此先后荣获诺贝尔经济学奖。尽管如此,他们的理论成果中所含有的无套利均衡思想在后来所产生的巨大影响,仍然是当时所没有预见到的。

企业的资本结构的最简单的涵义是企业负债和权益的比例结构。MM 理论揭示了,在一定的条件(即 MM 条件)下,企业的资本结构与企业的价值无关。这一结论与人们的直觉相去甚远。而且,由此可以引伸出企业的金融活动本质上并不创造价值的结果。这当然是非常令人吃惊的。实际上,人们也正是由此出发,通过继续深入的研究,才更为明晰地了解企业的价值究竟是如何创造的,企业的金融/财务活动又是通过什么途径来创造企业价值的。

MM 理论的基本假设包括两个方面:

1) 无摩擦环境假设,是指

- 企业不缴纳所得税;
- 企业发行证券不需要交易成本;
- 企业的生产经营信息对内和对外来说是一致的,即信息披露是公正的;
- 与企业有关者可以无成本地解决彼此之间的利益冲突问题。

2) 企业发行的负债无风险。因此,购买企业的负债(即购买企业发行的债券或给企业贷款)的收益率是无风险收益率。

我们用一个简单的例子来说明 MM 理论是如何推出其结论的,并由此学习无套利均衡分析的技术。

假定有两家公司,公司 A 和公司 B,它们的资产性质完全相同,但资本结构(负债/权益)不一样。两家公司每年创造的利税前收益(*EBIT*-earnings before interest and taxes)都是 1 000 万元人民币。

公司 A 的资本全部由股本权益构成,共 100 万股。根据公司未来收入现金流的风险性质,金融市场对于该公司股票的预期收益率(称为市场的资本化率)是 $r_A = 10\%$,这也就是公司 A 的资本成本。这样,公司 A 的企业价值就可以以资本成本对收益现金流折现来算出:

$$PV = \sum_{t=1}^{\infty} \frac{EBIT}{(1+r_A)^t} = \sum_{t=1}^{\infty} \frac{1\,000}{(1+10\%)^t} = \frac{1\,000}{10\%} = 10\,000 \text{ 万元}$$

公司 A 的股票的每股价格应当是 10 000 万元/100 万股=100 元/股。

公司 B 的资本中有 4 000 万元负债,可以认为是公司发行的债券,年利率为 8%。由负债无风险假设知,这也就是市场的无风险利率。企业负债的市场价值就是 4 000 万元,每年要支付利息 $4\,000 \times 8\% = 320$ 万元。并且假设公司的债务是无限期的(因为可以通过发行新债来顶替旧债)。请注意,现在我们还不知道公司 B 的权益价值究竟是多少,因为现

在暂时还不知道公司 B 的权益的市场资本化率(即预期收益率)应该是多大。在无税条件下,企业的收益也必须先付利息,剩余者才能分给股东。因此,股东每年可以分到的收益应当是 $EBIT - 320$ 万元。下面,我们假定公司 B 的股份数是 60 万股。^①

在上述条件下,我们可以断言,公司 B 的股票价格是 100 元/股。

如果公司 B 的股票价格不是 100 元/股,比如说是 90 元/股(小于 100 元/股),则采取以下策略就可以无风险套利。

在进行无套利分析时,一般要求市场容许“卖空”。所谓卖空是指这样一种交易规则:交易者即使不持有某种资产,也可以先卖出(做“空头”)。如果以后再补买进,盈亏就会通过买进卖出的差价实现。对某种资产的持有称为“多头头寸(或长头寸)”,短缺则称为“空头头寸(或短头寸)”。“做多头(或称处于多头地位)”和“做空头(或称处于空头地位)”就分别指持有多头头寸和持有空头头寸(实际上是短缺)。

一位投资者可以做下述交易来套利:卖空 1% 的公司 A 的股票($1\% \times 100$ 万股 = 1 万股),同时买进 1% 的公司 B 的债券(价值为 $1\% \times 4\,000$ 万元)和股票($1\% \times 60$ 万股 = 6 000 股)。交易产生的现金流如下(见表 1.1):

表 1.1

头寸情况	即时现金流	未来每年的现金流
1% 公司 A 股票的空头	$+10\,000 \text{ 股} \times 100 \text{ 元/股} = 100 \text{ 万元}$	$-EBIT$ 的 1%
1% 公司 B 债券的多头	$-1\% \times 4\,000 \text{ 万元} = -40 \text{ 万元}$	$1\% \times 320 \text{ 万元} = 3.2 \text{ 万元}$
1% 公司 B 股票的多头	$-6\,000 \text{ 股} \times 90 \text{ 元/股} = -54 \text{ 万元}$	$1\% \times (EBIT - 320 \text{ 万元})$
净现金流	6 万元	0

这样,这位投资者可以既不花费成本(至少在理论上),又不承担风险地套取 6 万元现金的净利润。这说明公司 B 的股票价值在市场上被低估,未达到均衡价位。因套利行为所产生的供需不均衡的市场力量将推动其价格上升,直至均衡价位为止,即达到每股 100 元的均衡价位。

显而易见,如果公司 B 的股票价格高于 100 元/股(比如说是 110 元/股),投资者可以反向构筑头寸(即做公司 A 股票的多头和公司 B 证券的空头),照样获得无风险套利机会。套利产生的市场力量也会推动其价格回落到均衡价位。

无风险套利机会的出现,说明市场处于不均衡状态。而套利力量将会推动市场重建均衡。市场一恢复均衡,套利机会就消失。在市场均衡时无套利机会,这就是无套利均衡分析的依据。市场的效率越高,重建均衡的速度就越快。

因为公司 B 的股票价格也是每股 100 元,所以公司 B 的权益市值应为 $100 \text{ 元/股} \times 60 \text{ 万股} = 6\,000 \text{ 万元}$ 。公司 B 的企业价值就应为 4 000 万元(负债市值) + 6 000 万元(权益市值) = 10 000 万元,与公司 A 的企业价值相等。由此得出 MM 理论的结论:

① 这一股份数的假定是随意的,采用其他数目的股份数也可以得到同样的结论。