

■ 经济理论与实践

套利思想与金融工程

熊 和 平

(武汉大学 商学院金融系, 湖北 武汉 430072)

[作者简介] 熊和平(1966), 男, 湖北黄冈人, 武汉大学商学院金融系讲师, 管理学博士, 主要从事金融经济学与金融工程研究。

[摘 要] 罗斯曾指出:“大多数现代金融不是基于无套利直觉理论, 就是基于无套利的实际理论。事实上, 可以把无套利看做是统一所有金融的一个概念。”因此, 套利是金融经济学中的一个十分重要概念。近年来发展起来的金融工程是一门将金融经济学理论应用于解决金融问题的学科, 所以, 无套利思想又是金融工程的核心思想。

[关键词] 套利; 金融工程; 资产定价

[中图分类号] F832 [文献标识码] A [文章编号] 1672-7320(2005)04-0463-07

一、引 言

金融工程是近年来发展起来的一门新的学科, 它是公司财务、商业银行和投资银行业务迅猛发展的产物, 是一门将金融经济学理论应用于解决实际金融问题、以金融理论为主要支柱的一门交叉性的学科。金融工程通常是在法律允许的条件下, 动用一切手段和方法来解决金融中存在的问题, 并根据自身的目的创造性地开发和利用金融工具。它包括三个方面: 一是对金融工具的深入研究, 了解各种金融工具的特性并加以合理利用; 二是对金融工具的创新, 这也是金融工程最重要的一个方面。金融工具的创新包括对传统工具的创造性组合和对一些全新的工具的设计与开发, 而创新过程对金融工具也是十分重要的。通常金融工程针对投资者的投资需求以及各种商业机构的特种需求, 进行不断地创新, 不断地设计、开发出一些更具吸引力的工具。这些工具既要能扩大商业银行和投资银行的业务量, 同时又能为投资者的投资拓宽空间, 为其套利保值提供更多更有效的途径; 三是金融手段的开发和创新。金融工程要求人们充分利用科学技术成果对原有的手段进行革新, 从而降低交易成本, 并提供更方便、更快捷的金融服务。对金融问题的处理解决方法方面, 既要考虑到已有的处理方法, 又要注意进行大胆的创新, 突破前人的思维方式。在一些典型问题的处理上, 建立模块式的处理方式, 并可作为产品出售; 同时, 针对不同的问题又要提出各具特色的解决问题的方式, 对一些复杂问题的处理, 既要强调金融专家的作用, 又要广泛地结合其它各方面专家如公司会计师、税收会计师、公司律师和证券律师等进行协同作战, 以系统工程的思想来解决问题。在解决问题时思维的飞跃是十分重要的。从整体来看, 金融工程贵在创新。金融工程的实质是金融行业中的产品创新的现象或过程, 这种创新包括三个主要方面: 证券创新、金融过程创新和创造性地解决金融问题。其创新方式包括扩大或减小风险; 聚集风险; 利用期货、期权、互换等交换现金流; 分割现金流和债务的长短期限的转换等。

作为金融经济学中两大定价方法之一的无套利定价方法, 在金融工程的新产品的开发和设计中广

泛应用,无套利思想形成了金融工程的核心思想。但是,作为一种定价思想,为什么它能构成金融工程的核心?这种方法的适用条件是什么?无套利技术如何在金融工程中发挥作用?本文试图对这些基本问题进行回答。

二、套利、无套利思想与金融经济学基本定理

(一)套利与无套利思想

套利是金融经济学中的一个重要概念。学术界通常将套利定义为这样的努力:通过在多个市场上同时行动,无需支付成本却能赚取无风险利润。与套利紧密相关的概念是套利机会,即可以进行套利的条件。通常可以将套利机会分为两类:第一套利机会和第二套利机会。所谓第一套利机会是指:存在这样的投资方式,其投资为零(即没有任何投资),收益大于或等于零,而且至少在一些结果下收益大于零。第二套利机会是指:存在这样的投资方式,其投资小于零(即不但没有任何投资,而且通过卖空还获得了一定的收益),收益大于或等于零,最坏的情形下收益为零。两种套利机会的区分是学术界为了分析的方便而给出的,其实质是相同的:存在无需支付任何成本而能获得利的机会。

套利机会的存在意味着可以进行套利。当市场上存在套利机会时,传统意义上根据套利操作方式将套利分为两种:空间套利(或跨地理套利)和时间套利(或跨时套利)。空间套利是指投资者利用不同地理位置上同一商品的价格不同,在价格相对较低市场买入,同时在价格较高的市场卖出,从而套取利润。空间套利基于这样一种假设:投资者的买卖几乎同时进行,交易在两个市场上的价格还没有发生相对变化之前就已完成。但实际上,卖出商品所得资金并不一定能立即可使用,因此,在进行套利时还需要一定的短期临时性投资。此外,两市场间需要运输费用等交易成本,而这种交易成本往往又意味着某种不确定性。只有当两市场之间资产的买卖价差大到足以支付所有的运输费用和所有的交易成本时,才会有真正的空间套利。

时间套利是指投资者利用不同时期(在考虑了时间价值后)同一商品的价格不同,本着低进高出的原则安排交易,从而套取利润。时间套利大多数是利用衍生产品与其标的资产的价格不一致而进行的。当然,金融机构利用自己的融资优势,低息融资,高利放贷,实质上也是时间套利。

从理论上讲,无论是哪一种套利或套利机会,都没有风险存在。然而,这种学术化的概念在生活中并不多。通常的情况是,现实世界的套利总是涉及一定的风险,而且至少有少量的投资。正是这一原因,使得现实世界中,即使存在套利机会,在进行实质性套利操作时仍受到很多限制。

此外,从现代的观点来看,人们甚至将保险业归为第三种套利——风险套利(或跨风险套利):这种套利是指利用同一风险对不同的投资主体所暴露的程度不同来安排交易,从而套取利润。能够进行跨风险套利的投资主体主要是保险公司。保险公司的这种聚集风险的行为之所以能够套取利润,是因为它只对可保风险进行保险。所谓可保风险是指这样一类风险,它是很多企业或个人都面临的,但在这些企业或个人中彼此的风险状况是高度不相关,并且这种风险发生的概率很大程度上是确定的。根据组合原理和大数定理,可保风险对每一个投资个体(每一个投保人)和聚集风险的保险公司所暴露的程度不同,前者所承受的风险远远大于后者。保险公司通过对单个投保人收取价值等于或大于该风险导致损失值的保费,而实际承受的期望损失远远小于所有保险费的总和,从而达到套利的目的。而且,保险公司还可以利用再保险机制或发行基于保险的衍生工具(如巨灾证券、天气衍生工具等),将其潜在的风险进行转移,进一步减少整个交易中的风险。

所谓无套利定价方法是指用无套利思想来确定金融资产合理价格的方法。通俗地讲,无套利就是“没有免费的午餐”。理性的投资者通常追求利润最大化,因此,当市场上存在套利机会时,意味着一些资产定价过高,而另一些资产定价过低。理性的市场参与者都将根据“低进高出”的原则套取利润。对利润的疯狂追求将导致对定价过高的资产的大量抛售和对定价过低的资产的大量抢购,从而使市场处

于非均衡状态。所以,套利机会的存在意味着资本资产定价的不合理,这种状况一般不能维持太久。在金融经济学中,在考虑对金融资产进行定价时通常以无套利机会作为资产定价的前提假设,讨论当市场上不存在套利机会时资产的价格。这种以无套利机会作为主要假设的定价方法就是无套利定价思想。

(二)金融经济学基本定理

无套利定价思想在金融经济学中的应用很早就已开始。早在20世纪20年代,凯恩斯(1923)在其利率平价理论中,首次将无套利原则引入金融变量的分析中。其后,米勒和莫迪格利亚(1958)创造性地使用无套利分析方法来证明其公司价值资本结构无关定理,即著名的M-M定理。罗斯的无套利定价(APT)理论的产生使人们进一步认识到无套利思想的重要性。经济学家们甚至将无套利思想看做是金融经济学区别于经济学的重要特征。罗斯曾指出:“大多数现代金融不是基于无套利直觉理论,就是基于无套利的实际理论。事实上,可以把无套利看做是统一所有金融的一个概念。”因此,无套利定价思想构成了金融经济学基本定理(也称资产定价的基本定理)^①:

金融经济学基本定理:如下几条是等价的:

(1) 无套利;(2) 存在一个正的线性定价规则;(3) 存在某些喜多厌少的经济人的一个最优需求。

金融经济学基本定理阐述的是无套利、正的线性定价规则和均衡解的存在性之间的等价性质:(1)和(2)的等价是无套利和正的线性定价规则的等价;(1)与(3)的等价是无套利方法与一般均衡方法的等价——在无套利条件下存在一个均衡,当市场达到均衡时一定无套利机会。值得说明的是,无套利定价与均衡解的等价性并非是说无套利价格等于一般均衡价格,而是说无套利机会的存在一定存在一个均衡解,反之,一般均衡解的存在一定无套利机会。一个经济系统如果能用无套利方法定价,则无套利价格是惟一的,此时的无套利价格一定等于一般均衡价格;如果只能用一般均衡方法定价,则经济系统可以在不同的价位上达到均衡,但市场一旦达到均衡,其均衡价格是惟一的。

(三)无套利定价方法

无套利定价方法作为一种定价方法具有简单、直接的特征,但并非在任何条件下均可使用。该定价方法在威廉·夏普的《投资学》中称为比较法:当我们对一个投资或投资组合进行定价时,将该投资或投资组合与其他具有相当的特征的投资或投资组合进行比较。例如要对证券X进行定价,X包含在组合B中,组合B中的其余部分记为C,同时市场上还存在一个组合A,组合A和B中其他证券在市场中正常交易,它们的市场价值(价格)在市场上易于确定。进一步通过比较发现,人们愿意以 V_A 购买A,他们也愿意以同样的价格购买B,即: $V_A = V_B$ 。而B的价值由两部分构成: $V_B = V_X + V_C$ 。由此可以对证券X定价: $V_X = V_A - V_C$ 。用图表示为:

上述方法实质上是通过组合A和C来复制证券X:通过持有组合A并卖空C从而产生一个价值完全等于证券X的组合。所谓用一个组合复制另一个证券(或组合)是指构造两个不同的投资组合,这两组合的到期期限相同,而且直到到期为止所产生的现金流完全相同。更一般地,当资本市场上的证券可以相互复制时才能用无套利方法进行定价。我们将其概括为:

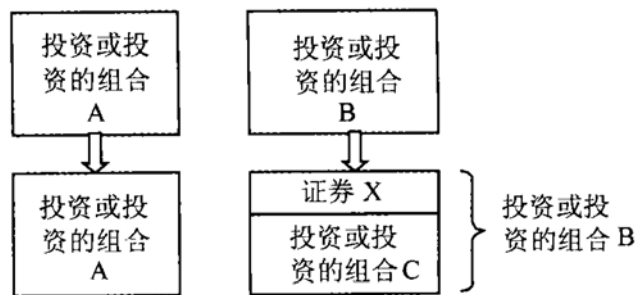


图1 投资比较定价法

命题1:资本市场上的资产能够用无套利思想

进行定价,而且仅当资产可以彼此复制。可复制性是无套利定价方法的必要前提。

为了说明复制在无套利定价方法中的作用,接下来我们对金融经济学中无套利定价的经典例子进行分析:

在金融经济学基本定理中,第二条中所谓的线性规则是指由几个单个资产复合而成的资产,其价格等于这些单个资产价格的加权平均,其权重为单个资产占整个复合资产的比例。任何资产如果期末支

付非负,期初的价格也非负,这即是正的线性定价规则。这一规则正好具体体现了无套利原则:如果市场上存在一个资产,其期末支付完全可以由另外一些资产复合得出,那么,对于投资者而言,可以构造两种投资策略,这两种策略的期末支付完全相同,由线性定价规则,这两种策略的期初价值相同。换言之,无套利原则是指:任何两种投资策略,如果期末价值相同,则期初价值必定相同。第三条的含义是,如果所有经济主体的效用函数都是关于财富极大化,在均衡的条件下可以得到一个对资产的最优需求。这个定理对无套利方法进行了具体化,并且将无套利方法与一般均衡方法联系起来。

在罗斯的套利定价理论(APT)中有两个关键的假设:一是要素模型,即任何一个风险资产的收益率都由有限的相同的因素决定;另一个假设是无套利机会。为了推导出了风险资产的风险溢价所满足的线性关系,还要假设资本市场上证券的个数远大于要素模型中要素的个数。这一假设保证了对非系统风险的完全分散,实质上保证了对无风险资产的复制。整个定理的证明以线性代数的矩阵论作为工具^②,证明时可以将相关的要素列成矩阵,并利用矩阵的行向量之间的线性相关性进行证明。矩阵的向量间线性相关性即是复制的数学表示。

在 Black-Scholes 期权定价方法中,假设标的资产(股票)的价格服从布朗运动。由伊藤引理所得出的 Black-Scholes 微分方程看,欧式看涨期权也服从一个布朗运动,其价值的变化类似如其标的资产(股票)由两部分决定:一部分是确定性因素,一部分是随机因素。结合标的资产构造一个消除了随机因素影响的组合,然后由无套利假设进行定价。这种投资组合的构造实质上就是对无风险资产的复制。期权定价的二项定价模型中,对冲比(期权与标的资产的数量之比)的寻找和对冲组合的构造就是对无风险资产的复制。

总之,正是由于这种可复制性才保证了无套利定价思想的实行,可复制性是无套利定价方法的充要条件。尽管无套利定价方法从某种意义上与一般均衡定价方法等价,但无套利方法更加直观和简洁。因此,无套利方法在金融经济学乃至金融工程中得到广泛应用。

三、无套利技术及其在金融工程中的应用

(一)金融工程与无套利思想

金融工具构成金融工程的主要内容。马歇尔^③把金融工程的工具分为两类:实体性工具和概念性工具。所谓概念性工具是指作为金融工程的理论基础,含投资组合理论、资产定价理论、利率期限结构理论、汇率理论和套利与市场效率理论。实体性工具则主要是金融工程师用来解决问题的工具,含远期、期货、期权、互换和混合证券等衍生工具。因此,衍生工具是金融工程的核心内容,衍生产品的定价也就形成金融工程的核心。正是衍生产品使得无套利思想与金融工程紧密相连。

无套利思想和金融工程之间的关系可以从两方面概括:一方面,金融工程的主要目的之一就是套利。金融工程师强调产品的创新,他们设计开发新金融产品,其目的就是扩大业务,并适时地从中套取利润。同时,金融工程师也从对金融市场的密切关注中不断地寻找套利机会并实施套利。套利机会的存在表明资本市场的非有效性,金融工程师的套利行为客观上为市场的健康发展起到了积极的作用——他们消除了不断出现的套利机会,使市场保持一定的效率。一些典型产品和手段的开发正是如此,例如 20 世纪 80 年代股票指数期货的推出,该产品作为一种新的交易工具适应了广大投资者的投资和风险管理的需求。但是,另一方面,在其刚上市时市场上出现了大量而又频繁的现货/期货间的套利机会。面对新的资本市场金融工程师开发出相应的数据处理软件,实施程序化交易策略,利用电子计算机技术来抓住时机进行套利。这种新的交易手段的开发扩大了交易业务,并套取了大量的利润。套利反过来又推动市场的发展,从历史上看套利空间最高曾经达到 200 个基本点,但今天由于程序化交易的普遍使用,套利空间很少超过 10 个基本点。

从金融产品的创新方法来看,传统的方法是合成和分解。合成是将一些基本的、单一的金融工具进

行组合而形成新的工具。合成的新工具具有原来的基本工具的功能和特征,它将不同的功能集中于一个统一的产品中,从而满足了投资者特定的需求。与合成相对应的是分解,它是将某些特定的产品分解为一些更基本的产品,满足投资者在某一方面独特的需求。典型的合成例子是混合证券的创新,混合证券通常将不同市场工具结合在一起,同时利用不同产品的特性构造出新的产品,其实质是将两个或两个以上的产品组合打包形成一个统一的产品。在分解方面,如期限在一年以上的中、长期国债往往是付息债券,金融机构通常将这类债券进行剥离,分解成期限不同的序列零息票债券。总之,无论是合成还是分解,从客观上满足了客户(投资者)的特定需求;从主观上又为创新者获取了无风险的利润。

另一方面,在产品的创新过程中要套取利润,必须对产品进行定价。金融工程所使用的主要的定价思想就是无套利思想。金融工程师在设计新产品的过程中,既要对市场已经出现的产品进行定价,并寻找市场上的套利机会,又要对新的产品进行定价,以确定新产品是否能套利,套利的空间有多大。大量的数学模型和计算机模拟方法用来对资产进行定价,使得资产定价更加技术化和复杂化,更加具有工程化的特色。因此,人们往往将金融工程师的主要任务之一归结为资产定价,并且将金融工程师与火箭专家相联系。但是,无论是数学方法还是计算机模拟技术都是基于无套利定价方法而进行的,由此可见无套利方法在金融工程中的重要性。

(二)无套利定价技术

如前所述,无套利定价是以复制为前提条件的。当金融市场上所存在的金融产品之间可以相互复制时,我们可以用无套利方法来定价。作为金融工程中主要的实体性工具,衍生产品的价值由一些其他的更基础的产品(称为标的资产)所确定。当资本市场上引进衍生产品后,在衍生产品和其标的资产同时并存的条件下,衍生产品往往可以由其他产品复制出来。因此,一般地说衍生产品都能够用无套利方法进行定价。推而广之,金融工程的所有实体性工具莫不如此。

当我们对这些实体性工具进行定价时,可以将无套利技术概括为三个步骤:第一步:复制,就是对待定价产品的复制;通过充分了解待定价产品后利用金融市场上交易的产品构造恰当的投资组合,使投资组合产生的现金流与待定价产品的现金流完全相同;第二步:确定复制的成功:考察投资组合的现金流是否与待定价产品的现金流完全相同;第三步:利用无套利原理定价。根据无套利假设如果第二步成立,则该待定价产品的价格等于我们构造的投资组合的价格,由此完成对价格的确定。在具体应用这一技术时,直接复制往往比较困难,通常是通过构造两个特定的投资组合来完成,用构造投资组合来代替复制。为了定价,我们构造两个投资组合,其中一个组合中含待定价的衍生产品,此外参与构造投资组合的所有其他产品均为市场上交易的、价格确定的证券。这种投资组合的构造与复制待定价的金融产品是等价的。因此,上述的定价工程等价于下面的三个步骤:第一步:构造投资组合;第二步:证明两个投资组合所产生的现金流完全相同,即证明复制成功;第三步:在无套利的条件下两组合的期初价格相同,由此推出衍生产品的价格。两种方法主要区别于第一步,前者是复制,后者是构造特定的组合。由于复制时需要构造特定的组合,因此后者相对稍微容易一些。在上述的定价方法中,最关键、最困难的是第一步——复制或投资组合的构造。

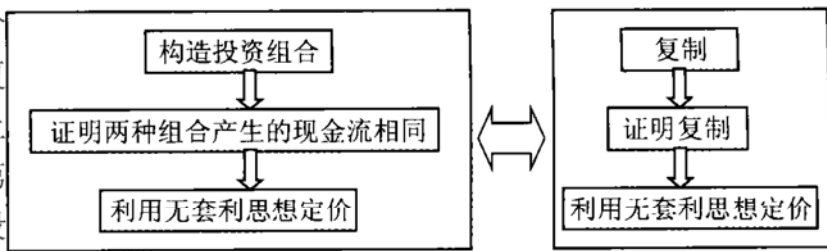


图2 无套利定价技术

(三)无套利技术与积木分析法

复制技术是无套利定价方法中最关键、最困难的一步,因此,我们将本节定价的重点放在复制上。为了对金融产品(主要是衍生产品)进行定价,我们首先用市场上交易的、有明确报价的金融产品来复制该产品;反之,也可以将待定价的衍生产品进行分解,分解为一些基本的、有明确市场报价的产品。复制

和分解是互逆的过程,它们代表两种不同的思维方式:一个是直接法,一个是间接方法。这两种思维方式或两种互逆的技术在金融工程中被形象地称为“积木分析法”。所谓积木分析法是以一些基本的金融工具为基础进行有限次的复合和分解,从而构造出“人们所希望的结果”。这些基本的工具就是金融工程师的“积木”。

在“积木分析法”中有两个主要的辅助工具:金融产品的现金流量图和损益状况图。现金流量图用来描述金融产品在整个“生命”期间所产生的现金流,如图 3 描述的是货币互换的现金流量图,其中箭头的方向表示现金流的方向,向上表示流入,向下表示流出;箭头的长短表示现金流的多少。损益状况图描述的是资产的价格对收益的影响。现金流量图和损益状况图形象地描述了金融产品产生的现金流和损益状况,从中可以帮助我们对金融产品进行分解和复合。例如,从图 3 可以看出,货币互换可以分解为一系列期限不同的远期,还可以分解为两种不同币种的债券。远期和债券(空头)的现金流量图如图 4、5 所示。

从损益状况图看,现货与远期(期货)基本相同,如图 6,惟一不同的是盈亏平衡点的价格不同,当它等于即期价格时为现货,当它等于远期价格时为远期。这一性质使两者可相互复制。将图 6 沿横轴剪开,可以得到一个看涨期权的多头加上一个看跌期权的空头的损益图,因此期权和现货(期货)之间可以进行相互复制。由现金流量图可以看出,货币互换可以分解为一序列期限不同的外汇远期,利率互换可以分解为两种债券,等等。利用合成与分解技术,我们可以将所有的金融衍生产品进行分解,分解成一些最基本的现金流形式;反过来,根据各种金融衍生产品的分解结果可以分析出每种衍生产品如何由市场上可获得的基本产品来复制。

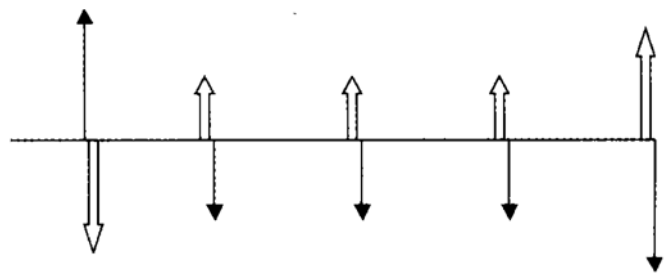


图 3 货币互换的现金流量图

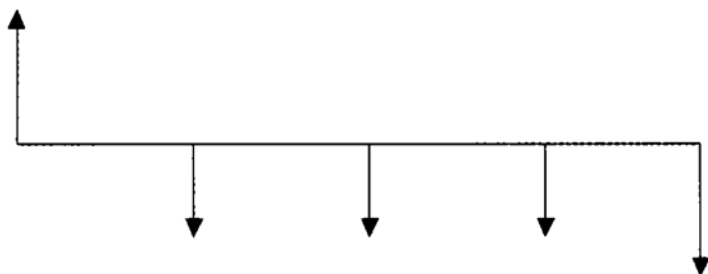


图 4 债券(空头)的现金流量图

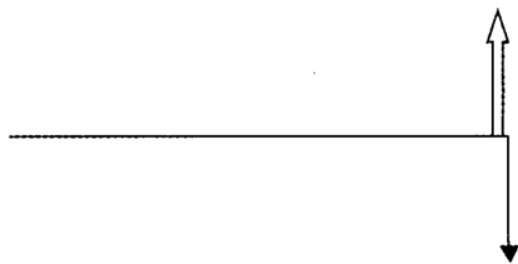


图 5 外汇远期的现金流量图

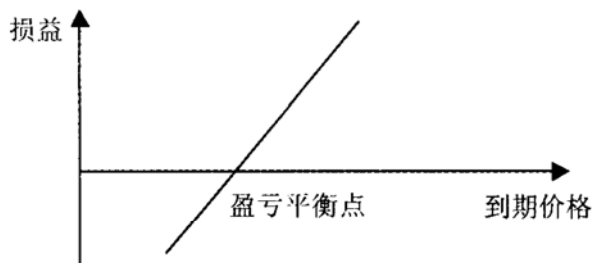


图 6 现货或期货的损益状况图

四、小 结

不存在套利机会的假设是金融经济学中一个通用的、比较令人信服的假设。对喜多厌少的经济主体而言,套利机会的出现与最优资产组合策略的存在相矛盾。同时,无套利假设比均衡假设更加自然而广泛,因此套利是金融经济学中的一个十分重要的概念。金融工程将金融经济学原理结合一些现代技术来创造性地解决金融中存在的问题。金融工程师不断地进行金融工具的创新,并不断地寻找套利机会进行套利,可以说金融工程的主要目的之一就是套利;金融工程师们大量地使用无套利方法对衍生工具进行定价,无套利技术成为金融工程的主要定价技术。因此,无套利思想构成了金融工程的核心。本文通过介绍套利的概念和分类,总结出无套利思想,并分析了无套利思想在金融工程中的地位和作用。

进一步指出可复制性是无套利定价方法的充要条件,并且分析了复制技术在无套利定价中的应用。作为金融工程的核心思想和方法,我们将无套利技术概括为三个基本步骤:复制、证明和定价。利用这一步骤可以对所有的金融衍生产品进行定价。

注 释:

- ① 贝佳(1971)和罗斯(1976、1978)对金融经济学基本定义进行了具体的描述。
- ② 参见笔者在胡昌生,熊和平,蔡基栋编著的《证券投资学》中相应章节的附录中给出的定理证明。
- ③ 参见马歇尔等著《金融工程》,宋逢明等译。

[参 考 文 献]

- [1] BLACK, F. & SCHOLES, M. The Pricing of Options and Corporate Liabilities[J]. Journal of Political Economy, 1973, (81).
- [2] DYBVIK, P. & ROSS, S. A Arbitrage[A]. M. Milgate, J. Eatwell & P. Newman. The New Palgrave: A Dictionary of Economics[Z]. McMillan, 1987.
- [3] ROSS, S. A. The simple approach to the valuation of risky streams[J]. Journal of Business, 1978, (51).
- [4] ROSS, S. A. Risk, Return and Arbitrage[A]. Irwin Friend and James Bicksler. Risk, Return in Finance[C]. Ballinger, Cambridge, MA, 1976.
- [5] STULZ, R. M. Merton Miller and Modern Finance[J]. Financial Management, Winter, 2000.
- [6] VARIAN, H. R. The Arbitrage Principle in Financial Economics[J]. Journal of Economic Perspectives, 1987, (1).
- [7] 叶永刚, 郑康彬, 熊和平. 金融工程概论[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2000.
- [8] 约翰·马歇尔, 等. 金融工程[M]. 宋逢明, 等译. 北京: 清华大学出版社, 1998.
- [9] 胡昌生, 熊和平, 蔡基栋. 证券投资学[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2001.

(责任编辑 邹惠卿)

Arbitrage Concept & Financial Engineering

XIONG He ping

(Business School, Wuhan University, Wuhan 430072, Hubei, China)

Biography: XIONG He ping (1966), male, lecturer, Wuhan University Business School, majoring in financial economics and financial engineering.

Abstract: As Ross pointed out: "Most of finance is based on either the intuitive or the actual theory of the absence of arbitrage. In fact, it is possible to view absence of arbitrage as the one concept that unifies all of finance". Therefore, arbitrage is a core concept of finance economy. Well, the financial engineering which developing recently makes finance economy use of resolve financial problems. The arbitrage is core idea in financial engineering.

Key words: arbitrage; financial engineering; asset pricing