

1997 年度诺贝尔经济学奖与期权定价理论

王忠玉 冯英俊

一、引言

随着布莱克和斯科尔斯合著的一篇载于《政治经济学杂志》1973 年 5 月号的《期权定价与公司债务》的发表, 期权定价这个神秘的问题被认为在金融经济学上有了新的意义。此期权定价模型公式的诞生是 1973 年金融界出现的两个重大事件之一 [另一个是 1973 年 4 月, 第一家现代期权交易市场, 即芝加哥期权交易所 (CBOE) 正式开张营业, 挂牌推出 12 种期权交易]。从此, 股票期权交易进入官方金融产品交易项目。一个月之后, 芝加哥的期权交易者就开始利用布莱克-斯科尔斯公式测算期权的价值。几年的时间内, 这个基本的模型公式被推广应用 to 认股证书、可兑现债券、可赎回债券和许多其它的金融工具上。耶鲁大学著名的金融学教授斯蒂芬·罗斯 (Stephen Ross) 曾把布莱克-斯科尔斯模型描述为: “不仅在金融领域, 而且在整个经济学中最为成功的理论。”

布莱克-斯科尔斯模型的影响已远远超出期权交易领域。公司战略家运用这一理论评价经营决策; 债券分析家利用这一理论估价风险债务; 管理者应用这一理论对存款保险进行估值; 冒险性的油井开掘者采用这一理论估价勘探租约。经济学家们则把这一理论扩大到从工资谈判到分析币值波动的各个方面。事实上, 这一模型可以用来检查价值取决于不确定的未来资产价值的任何合约。

二、期权与期权定价问题

期权有两种类型。一种是买进期权, 亦称看涨期权, 是指其持有者在规定的时间内以确定的价格买进资产 (比如股票、利率等) 的权利。另一种是卖出期权, 亦称看跌期权, 是指其持有者在规定的时间内以确定的价格卖出资产的权利。期权是所谓衍生证券的一种, 它是由股票等“原生产”或称为“标的资产”所衍生出来的。实际上, 衍生证券在理论上有一个同义词称为未定权益。

在布莱克和斯科尔斯两位先生写作《期权定价与公司债务》一文时, 期权交易主要发生在伦敦和芝加哥。这两个市场在一个重要方面即交易形式上存在着差异: 以伦敦为基地的投机者经营的期权是欧式期权, 而芝加哥的投机者经营的期权是美式期权。欧式期权是在到期日履行, 而美式期权是既可在到期日履行, 又可在到期日之前的任何时期履行。因此, 美式期权定价比欧式期权定价更复杂更困难。本文这里介绍的和布莱

克-斯科尔斯的文章一样, 考察的仅限于欧式期权, 并且本文是沿着“复制”的线索来展开期权定价问题讨论的。实际上, 布莱克-斯科尔斯模型很快被应用于美式买进期权的定价研究上。

自从布莱克-斯科尔斯公式在 1973 年发表以来, 期权定价就成为金融数学研究的中心点。布莱克和斯科尔斯的文章, 在一定的假设条件下, 运用一些高深的数学知识 (比如布朗运动、偏微分方程等理论), 给出了欧式买进期权的估值。实际上, 隐藏在这种理论背后的思想很简单。下面, 我们沿着“复制”的线索来详细地探讨期权定价问题。

这里的期权合约是指给予持有者在实行 T 时间有权以协商的价格 E (通称为执行价格) 去买进一股指定的股票。设 $S(t)$ 记为股票在 t 时间时的股票价格。显然, 如果 $S(T) < E$, 那么期权是不值钱的, 然而如果 $S(T) > E$, 期权对持有者而言有正的 (赢利) 价值存在, 那么就要执行它。于是, 如果 $S(T) > E$, 那么期权的卖方有责任在 T 时间以现金 E 去支付每股的价值。定价问题就是确定买入者在较早的某一 t 时间为获得这样的期权应该支付多少去买进期权, 同时确定卖方发行期权应报价多少。由于持有期权就等同于有一个投机的机会, 所以这一问题的答案首先看起来必须依赖于买入者或卖方对风险的态度, 因而不存在一种“普通”的定价公式。然而, 布莱克和斯科尔斯证明, 在某种情况下, 实际上这样的一种普通公式存在是可能的。特别地, 他们假设股票价格过程 $S(t)$ 是服从于几何布朗运动 (即股价相对变动服从于几何布朗运动); 假设有一个银行帐户, 即无风险投资以常值利率 r 来获得支付利息是可行的; 同时假设基金可以从银行转移到股票, 反之亦然, 但要受到限制或需支付费用。那么, 可以证明完全的套期保值是可能的: 我们能够以银行和股票在 T 时间具有概率 1 的价值是 $(S(T) - E)$ 形成一个时间变化的或者动态的自筹资金的套期保值的证券投资组合。(这是无任何交易费用时期权在 T 时间的价值, 如果 $S(T) > E$ 时, 由于期权被执行, 而股票立刻转售, 那么获得 $S(T) - E$ 的利润, 参看如图 1)。期权在 t 时间 $< T$ 时的价值是在那时的套期保值证券投资组合的现金价值。假设期权报价的确是 $Z < W(t)$, 那么投资者能够采取如下行动。他在套期保值投资组合中执行一个空头头寸, 这样在 t 时间时获得 $W(t)$, 而 Z 是用于购买期权的, 那么余下的部分

$(W(t) - Z)$ 投资于银行。在 T 时间在银行的投资价值为 $(W(t) - Z) \exp(r(T - t))$ ，并且如果 $S(T) > E$ ，投资者借助于执行期权并立刻转售股票，那么将获 $(S(T) - E)^+$ 利润。由于后者完全取决于需要结束空头头寸的数量，所以确定的 x 利润可以获得类似的套利机会对卖方而言是同时可获得的，如果他能够制定比 $W(t)$ 高的价格。套利机会不能够存在，这是一个公理。因此，从买入者或者卖方的观点看， $W(t)$ 对期权而言是唯一的公正价格。

实际上，非常一般的欧式未定权益的完全套期保值在布莱克-斯科尔斯模型所假设的情况中是可行的：如果 ψ 是股票价格轨迹 $\{S(u) : t \leq u \leq T\}$ 的任一个函数，其期望值存在，那么存在一个动态的投资组合，其价值在 T 时间时完全是 ψ ；这就是复制投资组合。复制反复无常的未定权益的能力被描述成市场的完全性。在布莱克-斯科尔斯模型所假设的情况中，完全性最终依靠布朗运动的鞅表示性质而表示出来。利用如上相同的讨论，对具有损益 (payoff, 也称为收益) ψ 的欧式未定权益而言，公正价格就是复制投资组合的初始资产价值。

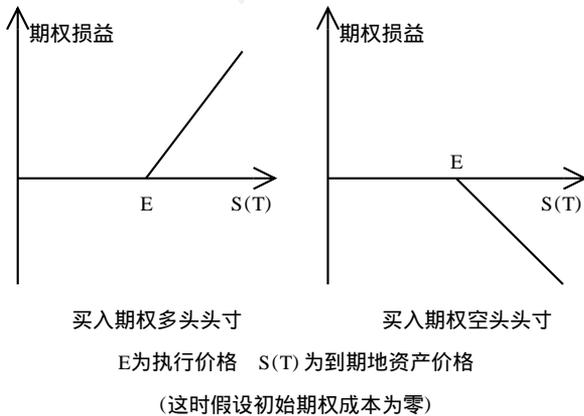


图1

上述思想看似简单，但是却有极为深远的含义。买进期权的价格不能由投资者所认为的影响原生产价格的因素决定，除非投资者的预期改变了原生产资产的价格。换句话说，买入资产的期权并不因为你预期该项资产价格上升而变得更有吸引力。在任何时候，认为原生产资产价格将上升的投资者与认为它将下降的投资者对那项资产的买进期权应是多少的看法是一致的。

在1973年，这一思想显得与传统观念相违背，但是作为一种被正式接受的理念，它仍显得有些古怪。事实上，这一思想的产生有其深刻的历史背景。金融理论的核心是研究在不确定环境下，经济行为人在配置和利用其资源方面的行为，这里既包括跨越空间的情况又包括跨越时间的情况。时间和不确定性是影响金融行为的中心因素。这两者相互作用的复杂性导致了金融研究的内在刺激，结果其相互作用的复杂性需要复杂的分析工具来捕获相互作用的影响。

三、“期权价格理论的牛顿”——默顿

金融经济学本质上是研究在不确定的和动态的框架下关

于稀缺资源最优跨时配置的一门学科。连续时间金融学是对允许连续不断产生制定决策的金融问题的分析，这一假设蕴含着连续交易的情形是促使其理论能够模拟在资产价格比如布朗运动下不确定性方面基本的出发点。表面上运用着的简直就是深奥难懂的数学函数（它们是连续的，但是不可微的），这种运用能够促使金融经济学家充分利用 I_0 (伊藤) 随机微分方程，以及最近的建立在半鞅之上更一般随机微分方程的理论和效力。

默顿主要通过他在1971年到1977年之间发表的论文把这些思想引入到金融和经济学中。今天，他的许多想法和结果的影响在每一个衍生证券市场以及证券交易所中都能够见到。默顿的两个最重要的论文是《在连续时间模型里的最优消费和证券投资组合规则》和《理性期权定价理论》。此外，默顿的《跨时资本资产定价模型》也是他的力作之一。金融理论和实践的发展已经证明，他的许多论文成果是奠基性的研究，例如，Breeden的研究工作以及Cox, Ingersoll和Ross的研究工作直接萌芽于默顿的1971年文章。类似地，在期权文献中已发表的众多文章，例如，布莱克-斯科尔斯期权公式，用一种风险资产来交换另一种资产的Margrabe期权，还有各种外汇期权公式，简直就是默顿的1971年公式的特殊情况。另外，默顿对美式期权所做永久性的分析研究工作，是对许多种仍在生存的美式估值问题许多逼近的基础。1990年，默顿所著的《连续时间金融学》就是他许多研究工作成果的汇总（1992年，此书又再次出版了修订本）。此书分成六个主要部分，其分别是：（一）金融和连续时间数学引论；（二）在连续时间模型中的最优消费和证券投资组合选择；（三）认股证书和期权的定价理论；（四）公司金融理论中的未定权益分析和金融中介；（五）金融的跨时均衡理论；（六）连续时间模型应用于政府财政金融中的部分问题：长期经济增长，政府恤养金计划，存款保险，贷款担保。这些内容反应了默顿的研究成果，如果说不是根本性的也是非常重要的贡献。

曾荣获1970年诺贝尔经济学奖的著名经济学家萨缪尔森，他做过默顿的学术指导教师和多年的提携者，在谈及1997年诺贝尔经济学获奖者的理论贡献时，曾说“默顿至少同斯科尔斯的贡献一样重要。当年，布莱克和斯科尔斯在芝加哥大学研究了天才的公式。我一直把他们比作首先断定行星不是按圆形，而是按椭圆形运动的开普勒。默顿可以说是期权价格理论的牛顿。他研究出完整的数学理论，并且说明了公式如何运算。”

实际上，从70年代末期和80年代初期开始，外国金融研究者就运用随机分析（概率论中的一个分支）和最优化等数学工具分析和讨论金融市场的数学模型，以致现今形成了称之为数理金融学或者称为金融数学的这种现代金融学与数学交融的新学科。目前，这一学科正在蓬勃发展之中，它已是国外许多著名大学金融系博士生和MBA的重要课程。

四、期权定价理论的新突破

——从将来推算到现在

在布莱克-斯科尔斯公式发表之前，除了默顿对期权应如何定价研究取得重要成果之外，许多经济学家为此也做过长期

的努力,但却没能导出一个用其他已知变量表示的期权定价公式。布莱克和斯科尔斯借助复杂的数学工具做到了这一点。为了简明清楚地阐述布莱克和斯科尔斯最初的推导期权定价公式的思想,我们这里不采用他们最初的推导方式,而是采用抓住布莱克-斯科尔斯原始公式的内在逻辑而推导出来的一个更为简单的公式。

下面,就以一个具体的事例来说明这一思想。首先假设股票价格在一段确定的时间内以一固定的幅度上下波动。假定股票的原始价格为17美元,到年末既可能降到11美元,又可能上升到23美元;再假定银行利率为10%。投资者能以17美元的执行价格购买到一年期的买进期权,那么,这个期权值多少呢?

如果股票价格降到11美元,买进期权就毫无价值;如果股票价格上升到23美元,买进期权的价格即为6美元:即期权价格 $= 23 - 17 = 6$ 。但是,投资者在价格变动之前愿为期权付出多高的价格呢?

假定投资者以17美元的价格买进一股票,并向银行借钱10美元。到年末,无论发生什么情况,这位投资者都得偿还10美元的借款和1美元的利息,共计11美元。如果这时股票价格恰好是11美元,那么,这位投资者除有能力支付贷款外,一无所得。在另一种情况下,如果股票价格达到23美元,这位投资者就可得12美元,即 $23 - 11 = 12$ 。

这笔交易中的有利方面是:从借款和股票的组合中获得的利益恰好与购买两笔买进期权所获得的利益相等。因此,在均衡时这样两笔期权的价格一定等于制造另一可供选择的合成期权(即一种复制投资组合的方式)的成本,并且可以测算出来。合成期权需要17美元的支出,减去投资者借入的10美元,等于7美元。这样,单个买进期权一定为7美元成本除以2,即3.5美元。无论投资者是否认为股票价格达到23美元,上述推算一定成立。

这个事例看起来似乎有些脱离实际。股票价格一般说来是天天变动的,并不是以一固定的幅度升降。但是,此方法允许股票价格的任意小的幅度波动,这就意味着此模型实际上可以容许股票价格连续变动。

假定确如此模型所假设的那样,投资者总是能在期权到期前的一段时间里通过制造合成期权计算出买进期权的价格,那么,投资者也就能运用同一方法准确地计算出更前一段时间里的期权价格——亦即计算出期权到期前两段时间的价格。依此类推,一直倒推算到现在。尽管在实际中计算期权价格的工作主要由计算机来完成,但是这种倒向型的计算方法还是相当迂回复杂的。实际上,这种期权定价的思想刺激并推动了一大类倒向随机微分方程的求解研究。中国学者彭实戈教授和法国数学家巴赫杜(Etienne Pardoux)在1990年证明了满足一定条件的一大类倒向随机微分方程有解的存在唯一性定理,此事确实在随机分析界,继而在数理金融学界引起了很大的轰动和反响。可以说,此研究成果是进入90年代以来在期权定价理论方面取得的一个新的重大突破,它是期权定价理论和数值计算的基石。目前倒向随机微分方程的理论研究和数值计算方法尚

有许多问题需要研究和解决,它是数理金融学和随机分析理论研究前沿之一。

上述所列举的事例解释了这样一个惊人的事实,即期权价格不依赖于原生产资产的预期未来价格,所有投资者都能以同样的价格建立合成期权,无论他对未来的信心如何。这使他们对真实期权价值的看法不存在分歧,套利使期权价格和原生产资产的现行价格连接起来。布莱克-斯科尔斯公式提供了一个更为精巧的分析方法:如果你知道期权的执行价格、到期日、股票的现行价格、利率以及(具有决定性的)股票的预期变幅,那么你就能推导出买进期权的价格。

目前,期权家族已经发展成为拥有数千种不同形式的衍生证券,而设计各种衍生证券的技术已经在数理金融学的基础上发展成为一个崭新的学科——金融工程。值得一提的是,中国国家自然科学基金委员会的重大项目《金融数学、金融工程和金融管理》于1997年正式开始实施。

五、问题与前景

由于我们没有真的生活在布莱克-斯科尔斯模型所假设的情况下,所以对现实金融市场中的衍生证券交易而言,布莱克-斯科尔斯模型也存在着一些不严谨的地方。期权价值经常随着原生产资产价格比如股票价格的变化而变化。当股票价格上升时,买进期权的价值也上升。因此,投资者就必须改变假设的合成期权的构成,以保持与变动中的真实期权的价格相一致。特别地,在现实衍生证券市场上,这种复制投资组合工作不能够准确地实施,因为它涉及到增加部分的再平衡,而且这种情况面对着任何形式的市场摩擦,例如交易费用等,这些因素是不能不考虑进去的。从而,这促使带交易费用的证券投资理论的研究和发展。现今,带交易费用的期权定价理论研究正方兴未艾。

在运用布莱克-斯科尔斯模型公式时,另一个困难是预测股票的变幅,变幅大的股票的期权比稳定股票的期权更有价值——因为它有更大的机会去进行有利的交易。应用布莱克-斯科尔斯模型公式的人一般假定过去的变幅,代表了现在或将来的变幅。实际上,变幅是在不断地变化的,在这种情况下,运用布莱克-斯科尔斯公式推算出的期权价格就可能是错误的。这就是为什么期权投机者常在股票的的未来变幅上下赌注的原因,而不是像通常所认为的那样,把赌注下在股票的的未来价格上。

许多金融经济学家针对布莱克-斯科尔斯模型中所表现出来的问题,研究和提出了对它改进的各种各样的期权定价模型,以及许多数值模拟方法,例如默顿提出了随机利率模型的期权定价理论,Rubinstein研究出了转移扩散模型的股票期权定价理论等。这些理论和方法无疑大大推动了包括期权市场在内的衍生证券迅猛的发展。以美国期权市场为例,它在1995年的成交额为1180亿美元,在1996年的成交额是1480亿美元,而在1997年前九个月成交额已达1550亿美元。反过来,日益兴旺的衍生证券市场又促使期权定价理论不断地发展和完善。正如默顿在1997年10月下旬接受德国《经济周刊》采访时所说的“我希望我们研究出来的办法(下转至第114页)

如海洋捕渔和原始森林采伐。维持费和或有估价方法仅适用于非生产自然资源的使用,包括属于经济资产范围的自然资源的使用和其他自然资源的使用,而不适用于它们的存量。维持费估价方法依据的是将自然资源维持在耗减或退化前的水平所需要的费用。或有估价方法依据的是支付意愿的原则。

三、环境和经济综合核算体系的意义

作为 SNA 中心框架的扩充,环境和经济综合核算体系反映了中心框架所没有包括的许多内容。例如,它反映了经济活动对不属于经济资产范围的自然资源的影响,反映了生产活动的环境成本,引入了经环境调整的国内生产净值等重要概念,弥补了中心框架在这方面的不足。这对全面地评价经济活动的作用,制定正确的经济发展战略,在保持经济快速发展的同时,注意合理地利用自然资源 and 环境保护,实现经济的可持续发展和维持高质的生态系统和生存环境具有重要的意义。但是,由于环境核算研究和实践的时间较短以及这一领域本身的复杂性,它还远不成熟。在国际上,关于这个体系的基本框架和核算方法,特别是估价方法存在很大的争议。这一体系本身也承认,它的估价方法,比如流量和存量的估价方法之间存在不一致性。有些著名的经济统计学家甚至对这一体系中的最重要指标,经环境调整的国内生产净值的实际意义提出怀疑。

我国有关部门目前正在对环境核算的研究和试验。我国政府制定的《中国 21 世纪议程》明确指出要扩展和完善国民经济核算体系,以便在国民经济核算中考虑环境因素,建立起我国的经济与资源环境综合核算体系。

环境和经济综合核算体系总结了世界各国和国际组织环

境核算的研究成果和实践经验,具有很重要的参考价值。作为环境和经济综合核算的国际标准,得到国际社会的重视。它的基本框架和基本核算方法应该成为我国建立经济和资源环境综合核算体系的基础。同时,各国的环境状况不同,核算的基础不同,因此建立我国的经济和资源环境综合核算体系必须结合我国的实际情况,采取切实可行的方法和步骤。

从环境和经济综合核算体系的基本框架可以看出,环境和经济综合核算是建立在比较健全的国民经济核算体系和比较完善的环境统计资料的基础上的。目前,我国国民经济核算体系尚不健全,我国环境统计资料也是残缺不全,远远满足不了经济和资源环境综合核算的需要。从这些实际情况出发,我认为,我们的目标应当是,首先把主要精力放在国民经济核算方面,同时搞好环境核算的研究和试点,逐步建立健全的环境统计,打好基础,取得经验,逐步建立起适应我国社会主义市场经济条件下宏观经济管理需要的经济和资源环境综合核算体系。

注释:

在联合国《环境和经济综合核算》手册和 1993 年 SNA 的环境和经济综合核算附属体系中,环境一词所指的范围较宽,既包括环境也包括资源。为方便起见,本文中环境一词的范围与之相同。

见彼得·冯德利普:《经济统计学》,德国联邦统计局,1997。

在 1993 年 SNA 中,扩充了环境核算后的核算体系称为“环境和经济综合核算体系”,在《中国 21 世纪议程》中,相应的核算体系则称为“经济和资源环境综合核算体系”。

(作者单位:国家统计局 北京 100826)
(责任编辑:余玉苗)

(上接第 71 页)应用于金融机构的管理方面。过去的公式更多的涉及到产品、服务和对抵押品的定价。现在我们将把它应用于对金融机构的组织上。”最后,他特别强调地说“我们的研究还没有结束”。

除了期权市场之外,布莱克-斯科尔斯模型最著名的应用是证券投资保险。这种技术是由加利福尼亚大学伯克莱分校的金融学教授哈根·利兰(Hagen Leland)所创造,80年代初被基金经理者们所接受。在几年的时间里,投资在证券投资保险上的资金大约为 1 000 亿美元。这种技术的思想很简单,如果一位投资者买入一项有关自己的证券投资的卖出期权,他就对自己的损失设定一个底线而不限制获利潜力。但是,直到最近,有关整个股票市场的卖出期权并不存在,同时,证券投资保险所要求的按比例交易的期权非常昂贵。利兰教授指明了基金经理者如何通过建立一个合成卖出期权去应用布莱克-斯科尔斯公式:售出股票并借入资本(如购买政府债券)直到收益与来自自己拥有的真的卖出期权的收益相等为止。当今,证券投资保险的研究和发展被认为是期权定价理论应用于金融机构管理方面最有广泛实用价值的。

总之,人们已经看到由默顿和斯科尔斯以及已故的布莱克所开创的期权定价理论,不仅给整个现代金融市场的理论带来了一场革命,而且用它创造了整整一大批崭新的投资银行家职业。目前,默顿教授正将它应用于金融机构组织的研究上。因此,金融经济学的核心——期权定价理论的推广研究和广阔的应用

前景,正显示着现代金融理论及其实践相互交融,相互促进,共同发展的美好未来。

注释:

- Black, F and M. Scholes, J. Political Econ. 1973, 82 (3), pp. 638
 $S(T) - E)^+ \triangleq \max(S(T) - E, 0)$
Merton, R. C., Continuous-time Finance, Oxford: Basil Blackwell, 1992
Merton, R. C., Phil Trans, R. Soc Lond A, 1994, pp. 347, 451
Howison, S D. Phil Trans R. Soc Lond A, 1994, pp. 347, 465
Pardoux E., Peng, S., System and Control Letters, 1990, pp. 14, 55
El Karoui N., Peng, S., Quenez, M - C., Mathematical Finance, 1997, 7 (1), pp. 1
Marshall, J. F. and V. K. Bansal, Financial Engineering, Needham Heights, MA: Allyn & Bacon, 1992
Davis M. H. A. and V. G. Panas, Comp. Appl Math, 1994, 13 (2), pp. 115

(作者单位:黑龙江财政专科学校 哈尔滨 150028)
哈尔滨工业大学 哈尔滨 150028)
(责任编辑:向运华)