

实物期权方法综述

清华大学经济管理学院 蔚林巍副教授 章刚

摘要：实物期权一方面是用来对项目决策中的灵活性进行定量评估的一种方法，另一方面，也是实物资产定价的一种方法。本文回顾了从+,- 到实物期权的发展，介绍了期权定价的各模型，指出了实物期权方法的难点及其解决方法，提出实物期权方法应和决策树分析、动态规划、学习理论、博弈论、竞争论、公司战略等知识领域相结合，为人们提供在真实的商业世界中进行分析思考和竞争的有力武器。

关键词：实物期权；不确定性；灵活性；综述

公司经常面临的决策问题是是否要投入大量资金开展某项目。很多战略性项目，如研发项目、信息化投资等，常常并不带来即刻的回报，而是通过提升组织的内在能力而创造出未来有利的投资机会。这些战略性项目的回报可能以多种形式发生在未来某个不确定的时间并且常常是多阶段的，即一个成功的项目会导致后续更多的投资机会。

为了正确评估这样的项目，实物期权方法逐渐取代传统的折现现金流法（DCF 法），越来越得到很多公司的重视和应用。当简单地使用传统的折现现金流法来评估战略性项目时，因为灵活性的价值被忽略，导致该战略性项目的价值被低估进而导致战略性投资不足，如研发投入不足、信息化建设行动迟缓，则会损害公司的长期竞争力。而实物期权方法考虑了所有未来的投资机会，为当前项目的决策提供了更准确的依据。

一、从DCF到实物期权

为了比较资本性投资项目的各备选方案，长期以来使用的是回收期法、内部收益率法和净现值法。Herath等人（2001）认为，以上基于DCF的各种方法用于现实中具有不确定性的情况时有以下缺点：首先，未来现金流的预测和折现率的决定非常困难；其次，DCF法忽略了决策者根据新信息修正决策的灵活性；再次，投资决策在DCF方法中被看作是要么现在就投，要么永远不投的一次性的决策，

而不是可以推迟等等再看。

传统的DCF法假设项目未来的现金流是完全确定的，从而才能计算出NPV、IRR、回收期等指标以指导决策。当引入不确定性以后，有以下几种处理方法：

- 提高折现率，把原来的无风险折现率提高为反映了未来不确定的现金流的含风险的折现率。

- 进行敏感性分析，确定风险主要从何而来。

- 情景分析，设想一个最好的情况和最坏的情况以确定项目总体风险的范围。

- 概率分析，分析项目结果的几种可能性的各自发生概率，或在项目结果服从连续分布的情况下运用蒙特卡洛模拟得到其分布。

- Bayesian分析，尽力取得新信息据以重估项目结果。

- 基于期望效用最大化的原则确定每一步行动的过程。

- 确定每一个现金流的确定性等价，然后再以无风险利率折现。

在实物期权方法看来，公司在实物资产上投资或清盘的决策都可被简化看作是一个期权或选择权。期权的持有者有权利而不是义务进行或放弃该项投资，这类似于看涨或看跌的股票期权。因此，基于期权这一思维框架决策者就有更大的灵活性和更好的方法来判断投资机会的价值（在不确定的经济环境中，管理灵活性从战略决策的角度来看是非常重要的）。与DCF法相比，实物期权法中有两个因素有利于增加投资项目的价值：第一，未来现金流较大的波动性并不意味着更大的损失，因为，损失最多就是初始的投资，而期权特性使得我们能得到现金流向上升变动的部分。第二，决策时间的延长能增加项目的价值，因为在此期间如果有不利因素出现我

们可以放弃该项目；如果有利因素出现就进行该项目。而传统的DCF法认为延长时间会导致项目风险增加，从而使项目价值下降。

在实物期权方法下，决策者可以创建一个复制证券组合来对冲项目风险。理论上决策者可以完全对冲掉风险，从而应该使用的折现率就是无风险利率，这是期权方法最有意义的一点。对金融期权来说创建一个复制组合是很简单的事情，但因为实物资产不像金融资产那样在持续交易，实物期权复制组合的创建就不是那么容易。许多研究人员试图填平金融期权定价理论与实物期权评估之间的鸿沟。在一定的情

况下，可以直接借用金融期权定价的方法来给实物资产估值，但更多的情况却要做深入的研究与探讨。本文试图对现有文献中已经研究了哪些问题、取得了什么进展作一综述。

Black and Scholes以及Merton 1973年开创性地提供了对期权进行定价的正确方法。他们的工作导致了对衍生产品定价进行研究的狂潮，他们的研究成果也在芝加哥期权交易所得到了广泛地接受和应用，甚至最终获得了1997年的诺贝尔经济学奖。Myers在1977年首次提出Real Options 即实物期权这一概念，实物期权分析框架认为决策者根据得到的新信息拥有对一个项目进行投资、扩大、放弃等行为的选择题。

二、实物期权的模型

实物期权模型可分为两大类：离散时间模型和连续时间模型。离散时间模型包括二叉树、三叉树等模型，连续时间模型包括普通公式类模型（典型的就BS公式）、随机微分方程、蒙特卡洛模拟。以上模型都直接来源于金融期权的估价过程。关于金融期权定价，经典的教科书是Hull所著的《Options, Futures, and Other Derivatives》。Dixit and Pindyck和Copeland and Antikarov展示了如何将这些金融期权定价模型用于实物期权定价。下表比较了以上各模型的优缺点：

		优点	缺点
离散时间模型	二叉树、三叉树	直观、灵活、易用	繁琐、计算量大
连续时间模型	公式	计算简单、直接	假设严格、应用范围窄
	随机微分方程	模型灵活、数学上精确	计算复杂
	模拟	适应性强、应用广泛	要求特殊技巧、易误用

N叉树类模型假设期权的标的资产服从某种离散的随机过程，其价格运动形成某种形式的树状结构，期权的价值就可从树的末端节点倒推得出。N叉树类模型的优点在于它能直观地表示标的资产价格运动过程，能灵活地用于延迟期权、增长期权、收缩期权、美式期权、奇异期权以及复合期权的评价。

Cox、Ross, and Rubinstein (1979) 提出了标准的二叉树期权定价模型。Boyle (1896) 提出了三叉树模型。Madan, Milne and Shefrin (1989) 将二叉树模型推广到N叉树模型。

公式类期权定价模型也有很多种，它们都认为标的资产价格服从连续运动，在一定的假设条件下通过公式算出一个期权的价值。使用公式类模型的优点在于期权价值的计算非常容易，缺点是模型的假设条件一定要仔细研究、深入理解、小心应用。因此，如果能正确应用，该类模型是非常好的期权评价工具。当假设条件能够近似地满足时，这些公式可用来得到期权估价的一个近似值。

Black and Scholes（1973）提出了被广为接受的著名的BS期权定价公式，后来许多模型都由此发展而来。Margrabe（1978）提出了转换期权（option to switch）定价模型，它与BS模型的区别在于将期权的执行价格作为随机变量。Geske（1979）提出了能计算复合期权价值的公式，在多阶段投资决策如R&D中非常有用。Carr（1988）又提出了能计算具有随机执行价格的复合期权价值的公式。

各参数服从不同的随机过程导致很多情况下不能得到像BS公式那样整洁优美的解决方案，而只能列出一些随机微分方程及一些边界条件。有时，这些随机微分方程（组）的解并不存在，而需要用有限差分方法及蒙特卡洛模拟求近似解。随机微分法是最复杂的方法，要求有一定的随机微积分的数学基础。对随机微分方程、有限差分方法的介绍可见Wilmott、Hull。

蒙特卡洛模拟是用来对金融期权和实物期权进行估值的宝贵工具。由于随机微分方程复杂难用，N叉树法繁琐、计算量大，运用计算机辅助计算的模拟技术就提供了计算期权价值的很好的替代方法。

三、实物期权方法的难点及其解决

实物期权模型是直接来自于金融期权的，但是实物期权处理的是实物资产，而实物资产有许多不同于金融资产的特点，并且实物资产中往往有多项期权交互影响，因此，实物期权的估值较金融期权远为复杂，有很多问题需要解决。一般地，期权价值受六个因素的影响：标的资产目前的价格、风险、期权执行价格、到期时间、利率、标的资产价值漏损。从实物期权的应用及与金融期权的对应关系上来看，我们将实物期权与金融期权价值评估中参数的含义做一对照比较，如下表所示：

因素	金融期权	实物期权
标的资产	股票等金融资产	投资项目或实质资产

标的资产当前价值	股票当前价格 S	投资项目当前的价值 V ，常常通过计算项目未来现金流的现值来代替
执行价格	股票期权执行价格 X	投资项目总成本，完成投资项目所需费用支出的现值
权利期间	约定的期间 T	项目投资机会存在期间
风险	股价的波动性 σ	投资方案价值的不确定性，常常投资项目所预期现金流入的波动性来代替
折现率	无风险利率 r	无风险利率
标的资产价值漏损	股票红利	项目预期产生的现金流量

下面我们一一讨论对以上各因素的研究情况。

对标的资产价值运动过程的研究。标的资产价值随时间的运动规律，是确定期权价值之前首先要搞清楚的问题。Hull在其所著的《Options, Futures, and Other Derivatives》中总结了用于描述期权标的资产价值运动的三种随机过程：几何布朗运动、泊松跳过程、均值回归过程。几何布朗运动是标准的扩散过程，BS公式就假设标的资产符合几何布朗运动，其含义是资产价格在0到正无穷内作连续的随机游走。为了刻画当新信息到来时资产价格发生突然的大幅变化，引入了泊松跳过程。均值回归过程描述了资产价格在不规则的运动中有向其长期平均值靠近的趋势。符合几何布朗运动的标的资产的价格从特定的某时点来看服从对数正态分布，对于股票价格而言这是合理的，因为股价不会低于0，但由于实物资产或投资项目的价值有可能为负，在实物期权中假设标的资产符合几何布朗运动就不是很合理，这就给在实物期权评估中套用金融期权模型引入了误差。

标的资产可交易性。金融期权定价的一个重要假设是可以在有效率的市场上自由买空卖空标的资产。然而，对实物资产而言，这样一个市场并不存在。Trigeorgis（1996）主张寻找一个与实物资产价值完全相关的正在交易的复制证券以对冲风险，实际上，这虽然不能说不可能，但至少也可以说是很难做到的。因此，选择一个与标的资产高度相关的复制证券来计算实物期权的价值，但应用的时候注意到这一事情并对结果小心解释就成了权宜之计。复制证券方法实践中在以下几种情况下应用较多：一、有关自然资源项目的决策如油田、铝矿等，因

为往往存在关于这类项目产品的期货市场，据以构造复制证券组合；二、多元化经营企业的某一产业部门在

拆分、购并时的估值可参考最近似地从事单一该产业的公司股票构造复制证券组合；三、若作为实物期权标的资产的该项目决定了公司绝大部分的市值，则公司自身的股票可作为复制证券。如果上述条件都不满足，则只好作进一步的假设。

Mason and Merton (1985) 认为，实物资产可直接当作它们就在市场上被交易来处理，理由是，实物资产是上市公司市值的依托和本质来源，因此，实物资产可被认为是其自身在交易。Copeland and Antikarov (2001) 提出MAD (Marketed Asset Disclaimer) 方法，认为实物资产价值是实物资产交易情况下其市场价值的无偏估计且与其完全相关，因此，可直接将实物资产的价值作为标的资产。

折现率的选取。金融期权定价的一个关键假设是存在一个由标的资产和无风险债券组成的用于对冲所有风险的复制证券组合。因为，所有风险都被此复制证券组合所对冲，因此，金融期权定价中所用的折现率就是无风险利率。实物期权定价中对标的资产可交易性若接受如上述Mason and Merton (1985) 和Copeland and Antikarov (2001) 的假设，则实物期权定价中折现率也可用无风险利率。但考虑到实物资产的不可交易性，Hull and White认为折现率的选取应满足如下等式：

$m - \lambda s = r - q$ ，其中 m 为标的资产平均收益率， s 为标的资产收益率的标准差， λ 为风险的市场价格， r 为应该选取的折现率， q 为标的资产价值漏损率或红利率。当用上式来估

计折现率时，标的资产平均收益率、标的资产收益率的标准差、风险的市场价格都已反应在内，也即折现率的选取考虑了市场风险和该实物资产自身风险两方面的因素。

波动性。决定期权价值的非常重要的一个参数是标的资产收益率的波动性。金融期权波动性的确定有两种方法，一是计算股票历史收益率的标准差，二是由期权的市场价格带入BS公式计算隐含的波动率。但是对实物期权而言，既不存在历史收益率的信息，也没有期权的市场价格。因此，对波动性如何作出一个较为准确的估计就成了实物期权方法中的重要问题。解决这一问题有三种方法：孪生证券法、蒙特卡洛模拟法、公式法。对于能在市场上找到孪生证券的项目，比如，其产品存在期货市场的自然资源开发项目，可用孪生证券的历史收益率波动

性来代替该实物资产项目的波动性，Kelly用这个方法验证了某矿业公司IPO定价的合理性。蒙特卡洛模拟是通过构造预测现金流量表，分析影响经营的各种因素，对各输入变量的分布做一定的假设，然后做蒙特卡洛模拟得到项目价值的分布，其中当然包括项目价值的均值和标准差信息。关于公式法，Davis 提出项目的波动性等于其产品价格的波动性与项目价值对其产品价格变化的敏感性之积。另外，实物资产项目价值一般受多种不确定因素的影响。因此，其波动性也是在这多种因素的相互作用与交叉影响下而决定、随时间而变化的。

执行价格与权利期间。股票期权的执行价格是事先约定的并且是到期一次性支付的。与之相对应，实物期权的执行具有两个特点：首先，执行时间不是事先确定的，而是根据各方面条件的变化由实物期权的拥有者加以权衡判断选择一个合适的时机来执行的。Carr（1988）提出了能计算具有随机执行价格的复合期权价值的公式。许多外生因素影响着实物期权的拥有者对执行时机的选择，如竞争态势与格局、技术创新与升级、宏观经济环境等。其次，执行价格不是事先约定的，而是根据具体事物期权的类型等于进行下一步投资的成本或放弃原投资所能回收的价值，并且往往不像金融期权那样是一次性支付的，而是由不同时间发生的一系列成本或收入现金流组成，简单地将其折算成某一时点上发生的一个现金流可能并不合适，因为，实物期权的执行需要时间和过程，如进行下一步投资可能就需要建造厂房、安装机器设备、培训工人等，在这过程中会引入新的不确定性，这方面还需要作进一步的研究。

四、结论

实物期权是资产定价领域里的一次革命，它把人们的视野从简单的DCF方法引向具有不对称回报的或有要求权方法，为资产定价理论和应用的发展拓展了广阔的空间。虽然，实物期权常被说成只是为人们提供了一种思考问题的方法，如它常被用于证明网络公司高股价的合理性，再者如本文前面部分所述它还有很多不成熟的地方有待进一步的研究，但是实物期权毕竟是人类认识世界的智慧的体现，它将和决策树分析、动态规划、学习理论、博弈论、竞争论、公司战略等知识领域相结合，为人们提供在真实的商业世界中进行分析思考和竞争的有力武器。

『作者简介』

蔚林巍，清华大学经济管理学院副教授，主要研究方向为投资项目评价与管理、IT项目管理、公司财务、系统优化与规划技术；

章刚，清华大学经济管理学院硕士研究生，主要从事经济管理研究。