基于复合期权理论的技术经济评价方法

辽宁工程技术大学工商管理学院 叶柏青 许国东

[摘要] 本文针对传统技术经济评价方法不能对项目投资过程中灵活性进行估价的缺陷,用复合实物期权理论改进了传统技术经济学中的经济评价方法。根据金融无套利均衡分析,应用 Black - Scholes 期权定价模型和 Geske 复合期权定价模型给实物期权定价,并给出了定价的基本步骤与方法。解决了技术经济评价过程中由于投资选择权的灵活性带来收益的具体计量问题,并且将项目实施结束由于技术能力成长带来的预期收益也考虑在内。完善了技术经济评价方法。

[关键词] 经济评价 实物期权 复合期权

0. 引言

传统技术经济评价方法主要表现为贴现现金流法(discount - cash - flow,简称 DCF)。DCF 方法有其不可避免的缺陷,主要有以下两个方面:一是一般技术项目都是分阶段投资的,投资过程只能按照既定的计划进行,不能根据投资项目的投资进度灵活的安排投资决策。二是项目是独立的。但项目本身的价值并不能仅仅由其所产生的现金流来表征,还必须考虑由此带来的新的战略收益,即企业或者投资者能力成长带来的收益。这种技术能力的成长主要表现为产品链和产品群的形成。

目前,国内外关于实物期权与复合期权的应用上也出现了很多文献。但是主要在于简单实物期权的应用,并且集中于 R&D 项目评价。本文针对一般技术项目应用复合期权改进了传统的技术经济评价方法,应用 B - S 期权定价模型和 Geske 复合期权定价模型给技术经济评价中的期权定价,同时考虑了技术能力成长带来的收益,给出了传统技术经济评价向复合期权定价方法转化的步骤。一定程度上解决了贴现现金流法不能对项目投资过程中的灵活性进行估价的缺陷。为技术经济学理论在项目层次领域的进一步发展与完善进行了新的思考。

1. 金融期权与实物期权定价公式

金融期权定价主要有二项式法和 B - S 模型法,实际应用中,B - S 模型应用较多。B - S 模型是由美国两位著名的金融学家 Black 和 Scholes 合作创立的关于不付红利股票的欧式看涨期权的定价公式。Black 和 Scholes 主要假设股票价格遵循如下的几何布朗运动:

$$ds = \mu s dt + \sigma s dz$$

其中,μ,σ 为常数,参数 μ 为单位时间内股票预期收益率。参数 σ 是一个 Wiener 过程,$dz = \varepsilon \sqrt{\delta t}$,$\varepsilon$ 为标准正态分布(期望为 0,标准差为 1)。

根据无套利均衡原理得出著名的 Black - Scholes 微分方程:

$$\frac{\partial f}{\partial t} + rS\frac{\partial f}{\partial s} + \frac{1}{2}\sigma^2 S^2 \frac{\partial f^2}{\partial s^2} = rf$$

求解出该微分方程,得到欧式看涨期权的价格为

$$C = SN(d_1) - Xe^{-r(T-t)}N(d_2)$$

其中,$d_1 = \dfrac{\ln(S/X) + (R + \sigma^2/2)(T-t)}{\sigma\sqrt{T-t}}$,$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T-t}$

“S”为股价;“X”为期权协定价格;“T - t”为期权期限;“σ”为股价波动标准差,“ln”为自然对数;$N(d_1)$,$N(d_2)$ 是参数为 d_1,d_2 的标准正态分布,r 为无风险利率。

实物期权与金融期权类似,通过金融期权与实物期权的比较,得出实物期权的定价公式:

$$C = PN(k_1) - Ve^{-rt}N(k_2)$$

$$k_1 = \ln(P/V) + (r + \theta^2/2)T,\quad k_2 = k_1 - \theta\sqrt{T}$$

“P”为标的资产的当前价值;“V”为期望现金流的贴现值;“T”为项目寿命期;“θ”为标的资产价值波动标准差。

2. 技术经济评价的复合期权定价模型

复合期权即期权的期权,其标的资产不是原生的金融工具,而是另一个被称为标的的期权。复合期权与该标的资产市场价格之间构成了一种复杂的组合关系。复合期权通常用风险中性定价的方法求解。依此方法,可在所谓“风险中性环境”中研究任何衍生资产的定价。实际技术经济评价中,每个项目一般都是分阶段投资的,每个阶段末或者下一个阶段初期都有投资选择权的问题,即可以看作期权。由于投资过程一般都是多阶段的,所以一般都属于复合期权的范畴。下面根据一般技术经济评价的原问题建立复合期权定价模型。

设某项目生命周期为 n 年。第 i(i = 0,1,…,n)年的投资支出为 CO_i,第 i 年的收益为 CI_i。该项目实施结束,由于技术能力成长带来项目扩展的潜在净收益为 V(V 为潜在收益贴现到第 n 年末的价值)。假设以连续复利计算贴现值,则其预期净现金流量及相关计算如下表:

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表 1 预期净现金流量表

Table 1 the table of anticipating net cash flux

年 份		0	…	j	j + 1	…	k	k + 1	…	n	扩展期
现金流入		0	…	0	CI_{j+1}	…	CI_k	CI_{k+1}	…	CI_{tn}	
现金流出		CO_0	…	CO_j	CO_{j+1}	…	CO_k	CO_{k+1} …	COt_n		
净现金流		$-CO_0$	…	$-CO_j$	$CI_{j+1}-CO_{j+1}$	…	$-CI_k-CO_k$	$CI_{k+1}-CO_{k+1}$	…	CIt_n-COt_n	
时间标志		t_0 …			t_1 …			t_2 …			
		$T_0 = j$			$T_1 = k - j$			T_2			
分流阶段贴现量金值	投资	$K_0 = \sum_{i=1}^{j} CO_i * e^{-r*(i-1)}$			$K_1 = \sum_{i=j+1}^{k} (CO_i - CI_i) * e^{r*(i-1)}$			$K_2 = \sum_{i=k+1}^{n} CO_i * e^{-r*(i-k)}$			
	收益	$RC = \sum_{i=k+1}^{n} CI_i * e^{-r*(i-k)} + V * e^{-r*n}$									

上表中,T_0 为项目建设期时间(这段时间每年没有正的现金流入),投资额贴现到 0 时刻为 K_0。

T_1 为项目投产期时间(这段时间有一定的现金流入,但每年净现金流量为负值),投资额贴现到 j + 1 年初时刻为 K_1。

T_2 为项目达产与扩展期时间(其中,第 n 年以后为项目扩展期,只考虑潜在收益贴现到第 n 年末的净现值),这阶段共投资额为 K_2。

产品 A 和 B 带来的总收益贴现到项目最初期为 RC。

根据表 1,可以得到分阶段现金流量图如下:

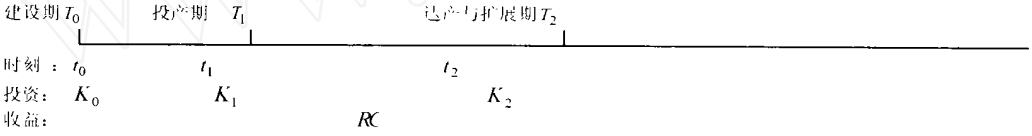

图 1 某项目分阶段现金流量图

Fig 1 the chart of moment cash flux of the item

如图所示,在 t_0 时刻,对该项目的投资 K_0,时间长度为 T_0,获得投产初期阶段的投资机会,从而形成第一个看涨期权,其到期时间是时刻,执行价格是建设投资阶段的净现金流量贴现到时刻的贴现值 K_1;如果到 t_1 时刻,第一个期权被执行,这将获得 t_2 时刻的投资机会,其时间长度是 T_1,从而形成第二个看涨期权,其到期时间是 t_2,执行价格是项目正式运行阶段需要的投资贴现到 t_2 时刻的值 K_2。由于这里存在两个期权,且第一个期权导致了第二个期权的产生,所以它是一个复合期权。只有第二个期权的价值大于第一个期权的执行价格时,复合期权才可以在第一个期权到期时执行。

复合期权定价可以用金融期权里复合期权定价最实用的 Geske 模型。根据技术项目经济评价的实际情况及以上假设,其计算公式如下:

$$C = RC * e^{-r(T_0+T_1)} M(a, b; \rho) - K_2 e^{-r(T_0+T_1)} M(a - \sigma\sqrt{T_0}, b - \sigma\sqrt{(T_0+T_1)}; \rho) - K_1 e^{-r(T_0+T_1)} N(a - \sigma\sqrt{T_0})$$

其中,$a = \dfrac{\ln(RC/F_c) + 0.5\sigma^2 T_0}{\sigma\sqrt{T_0}}$,$b = \dfrac{\ln(RC/K_2) + 0.5\sigma^2(T_0+T_1)}{\sigma\sqrt{(T_0+T_1)}}$

$M(a, b; \rho)$ 为第一个变量小于 a,第二个变量小于 b,而变量之间相关系数为 ρ 的标准二维正态分布的累计概率函数,可以通过数值计算求解;

$\rho = \sqrt{T_0/(T_0+T_1)}$;

RC 为在 T_2 时期收入的贴现到项目初期的贴现值;

F_c 为应该第一个看涨期权被执行时项目的临界值,即第二个期权价值等于第一个期权执行价格时项目的价值,可以用 B - S 模型计算;

r 无风险利率,由于国债利率考虑了风险因素,所以一般都用国债的利率作为期权定价的无风险利率;

σ 为项目价值不确定性的波动率,可以根据利率波动和投资风险估计来确定;

t_1 表示第一个期权到期的时间,t_2 表示整个期权到期的时间。

基于复合期权理论的技术项目经济评价的基本指标为 ENPV = C - K_0,称 ENPV 为扩展净现值。若 ENPV ≥0,则项目可行;若 ENPV < 0,则项目不可行。这就相当于投资建设初期投资者用 K_0 的价值购买了价值为 C 的一个复合期权,通过计算比较来确定项目的收益,从而决定投资与否。

3 基于复合期权理论的技术经济评价应用实例

根据上述理论模型,举一个基于复合期权理论的技术经济评价的例子:

龙腾公司新建一个项目,预计 2 年建成,第 3 年开始投产。第 3 年生产负荷达到设计能力的 60 %,第 4 年达到设计能力的 80 %;第 5 年生产能力达到 100 %,进入正常生产状态。

项目生产期为 6 年,计算期为 10 年。并且预计该项目建成投产后能为企业带来新产品链和新产品群的预期战略净收益为 20 万元。设无风险利率为 r = 5 %,资产价值波动率为 σ = 25 %。其现金流量及相关计算

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

数据如下表(单位:万元):

表 2 某项目现金流量及相关计算表

Table 3 - 2 the chart of moment cash flux and relational computation of the item

年 份		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	扩展期
现金流入		0	0	12	16	20	20	20	20	20	20	
现金流出		5	12	18	17	15	15	15	15	15	15	
净现金流		- 5	- 12	- 6	- 1	5	5	5	5	5	5	
时间标志		$T_0 = 2$		$T_1 = 2$		T_2						
分贴阶现段值	投资	$K_0 = 15.858$		$K_1 = 6.9512$		$K_2 = 79.7100$						
	收益	RC = 87.1621										

根据表中的数据,不难计算出贴现现金流评价方法下的净现值 NPV = - 0.2467 万元,项目不可行。但是根据复合期权评价方法,可求出扩展净现值 ENPV = C - K_0 = 1.7707 万元,项目可行。

这一结果的差别是由于风险和不确定性使项目建设投资具有灵活性引起的。现金流贴现模型是根据预期资产所产生的现金流来进行项目评价的,但是,有些投资虽然现在不产生现金流,却在将来可能有很大的价值,或者有很好的投资机会。而传统的项目评价方法没有考虑项目建设过程中存在的灵活性,也没有考虑项目建成带来得潜在收益。

在实际决策期初,可以根据第二个期权是否大于第一个期权执行价格判断是否执行第一个期权,即计算第二个期权价值,若它的价值大于第一个期权的价值,就执行第一个期权。第一个期权结束时,计算此时项目的价值,并与临界值相比,从而决定是否进行第二个阶段的投资;若此时项目价值大于该临界值,则进行投资。将复合期权思想引入技术经济评价领域,为做出科学的技术经济评价提供了更好的方法。

4 结 论

本文将一般项目的技术经济评价用复合期权理论进行改进,考虑了技术能力成长带来的潜在收益,得出了改进后的技术经济评价方法。

但需要注意的是,本文把项目建设过程分为了投资建设期,投产期,达产与扩展期三个阶段,并且在"投产期"的净现金流量为负值。若实际情况不是负值,则可以直接用 B - S 模型计算其项目投资的期权价值。也就是将项目分为两个阶段,其分界点以现金流量为正开始,具体计算方法可以参见第一部分实物期权的 B - S 模型定价公式。

另外,基于复合期权理论的技术经济评价方法也有其不足。主要有以下两个方面:

一是金融期权定价本身就有很多假设,与现实存在很多差距,如假设金融资产的价格服从几何布朗运动等。将金融期权应用到实物领域,有很多差别,其参数不好确定,这给评价的准确性带来了很大影响,是期权方法最大的不足之处。

二是定价模型本身比较复杂,难以用普通计算求解,必须用计算机或者辅助计算软件与工具,给实际应用带来了麻烦。当前很多关于复合期权定价的研究只是停留在理论领域,实际应用比较少,也正是由于这个原因。

本文在一定程度上解决了这两个问题,给出了传统技术经济评价向复合期权定价方法转化的步骤。但笔者认为,最重要的是我们在技术项目经济评价的过程中,应该时刻具有期权的思想。要知道投资过程中选择权的灵活性会带来价值,可以灵活的安排投资策略,使项目建设与运行得到优化,而不是局限于定价模型与公式。本文力图将一般项目投资中的不确定性通过复合期权反映出来,并且为技术经济评价转化为期权定价问题提供了具体步骤与方法。愿能在一定程度上丰富和完善技术经济理论与方法,有利于科学决策。

参考文献

[1]茅宁. 期权分析 ——理论与应用[M]. 南京:南京大学出版社. 2000.
[2]傅家骥等. 技术经济学前沿问题[M]. 北京:经济科学出版社,2003.
[3]宋逢明. 金融工程原理 ——无套利均衡分析[M]. 北京:清华大学出版社. 1999.
[4]刘金宝. 金融工程核心工具 ——期权[M]. 上海:文汇出版社. 1998.
[5]郑德渊,李湛. 基于不对称性风险的复合期权定价模型[J]. 系统工程理论与实践. 2003,(2):14 - 18.

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net