

# R & D 项目的期权性特征分析与期权性价值的估算

周 勇, 周寄中

(中国科学院研究生院管理学院, 北京 100039)

**摘要:** 当投资者考虑是否要对一个 R & D 项目进行投资的时候, 投资者不仅要考虑项目的技术风险, 而且要考虑这个 R & D 项目的期权性价值。本文在对 R & D 项目的期权性特征分析的基础上, 引入由 Morris, Teisberg and Kolbe 建立的 R & D 项目的期权性价值计算模型。针对这个模型在期权性价值计算应用中的不足之处, 笔者提出对 R & D 项目的期权性价值分析应该遵循循环分析和定量、定性分析相结合的观点。

**关键词:** 期权性特征; 期权性价值; 估算

**中图分类号:** C931

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1007-9807(2002)01-0019-06

## 0 引言

R & D (研究开发) 项目的期权性价值是指在假定该项目研发完成并投入生产销售所能带来的预计的销售收入减去预计生产和销售成本之后大于等于零的现金流的现值。因为若未来的现金流小于零, 则投资者不会选择对研发阶段投入。这样, 投资者面对是否要对一个 R & D 项目进行投入的时候不仅要考虑项目技术上的可行性, 还应该考虑项目的期权性价值, 并把这个价值作为对该项目研发投入的上限。

由于对 R & D 项目的投资和对金融产品的期权投资有很多相似的地方, 因此把传统的金融期权定价理论应用到 R & D 项目的投资价值估算上是非常实用的。国内外学者在这个领域都做过大量的工作, 但是目前大多数研究都局限于或定性分析, 或定量分析, 未将两者统一起来。本文在引入 Morris, Teisberg and Kolbe 的 R & D 项目的期权性价值计算模型的基础上, 对这个模型进行定性的分析修正, 并把这种修正的影响融合到定量计算的模型之中。同时, 本文还提出对 R & D 项目进行期权性价值估算的过程应该在研发中逐步

进行。

## 1 R & D 项目的期权性特征

投资者之所以可以使用与金融期权定价模型相同的原理对 R & D 项目的期权性价值进行估算, 是因为对 R & D 项目的投资和对金融期权(看涨期权)的投资有相似的地方。对于这种相似性, 可以通过表 1 具体表示。

表 1 金融期权的投资者和 R & D 项目的投资者  
权力、义务对照表

对比项目	投资种类	
	投入金融期权	投入 R & D 项目
投资者具有的权力	可以以约定的价格购买金融资产(如股票)	可以在研发阶段完成时有权决定是否投入生产和销售
投资者承担的义务	不执行期权的损失是期权的买入成本(即买入价格)	在研发阶段完成时不生产和销售的损失是对 R & D 项目投入的成本

从表 1 中可以看到, 虽然股票期权的投资和 R & D 项目的投资在严格意义上并不相同, 但对于投资者, 他们都因为购买了一项资产而被赋予了

一种权利 金融期权的持有者在期权到期日之前有权力按期权合约规定的价格买入一定量的金融资产;而 R&D 项目的投资者则在研发完成之后有权决定是否对此项目进行生产和销售 而且,对于这两种资产的投资者来说,不执行该投资所给予的权力并不带来更多的责任,他们的损失是固定的 对于金融期权的持有者来说就是该期权的买入价格;对于 R&D 项目的投资者来说是该项目的研发费用或者是该项目买入价格 总之,对于

这两种投资者来说,都有收入和风险不对称的特性

但这两种投资者面对是否要将这种权力实现时,会有不同的判断依据 这种判断上的不同是由于金融期权和 R&D 项目的研发所对应的标的物成交价格的不同造成的 金融期权的标的物价格是这种期权对应的金融资产的价格 R&D 项目研发对应的标的物的价格是将这个 R&D 项目投入生产和销售的成本<sup>[4]</sup>,如图 1.

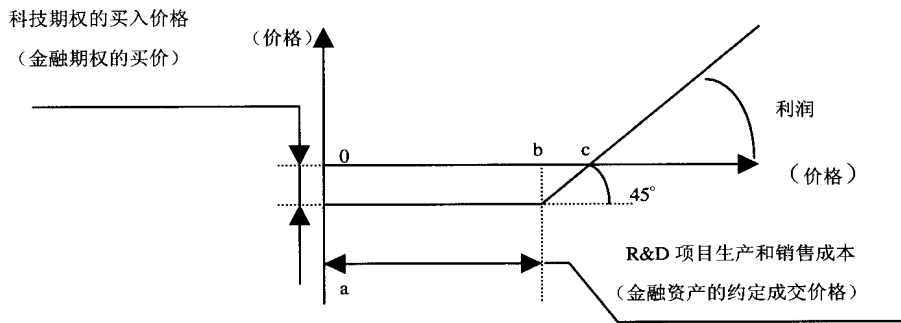


图 1 R&D 项目投资损益图

图 1 中 0—b 之间线段表示,对于金融期权的持有者来说由于事先通过合约方式签订了金融资产的成交价格,该价格是固定的;但对于 R&D 项目的投资者来说该项目对应的标的物的成交价格是不固定的 所以,对于前者,是否执行期权取决于对未来金融期权标的物的价格的观察 当标的物市场价格大于合约规定价格,就可以执行这个期权 然而,对于后者来说,判断是否要对该项目的生产和销售进行投入取决于两个变量 一个是对该项目进行生产和销售的收入,一个是该项目研发的标的物的价格 只有当收入大于成本时投资者才可能进行投入 也就是说,后者将面对两个变量的判断 这种不同决定了将不能用和金融期权完全相同的方法来计算 R&D 项目期权性价值

计期权的价格的 然而,这个模型假设将来的股票价格或者 R&D 项目的现金流是标准正态分布的,而且不能是负值,但这种假设在很多情况下是不成立的 在分析了传统金融期权定价理论在 R&D 项目的期权性价值领域的应用之后, Morris, Teisberg and Kolbe 转而对 Black-Scholes 模型进行改造,建立了对 R&D 项目的期权性价值进行估算的模型

Morris, Teisberg and Kolbe 建立的模型的前提条件是: 1) 此处研发是指在投入生产和销售过程之前的阶段即投资者判断的时间点是在图 2 的 A; 2) 投资者在研发完成之后(即图 2 中的 B 点)就要决定是否要进行生产和销售

## 2 Morris, Teisberg and Kolbe 建立的对 R&D 项目的期权性价值估算模型

被广泛接受的金融期权定价模型是 Black-Scholes 的期权定价模型 此模型是投资者用来估



- 注: 1) A 点是广义意义上的研发起点,可以是一个专利也可以是一个想法
- 2) A—B 表示 R&D 项目的研发过程
- 3) 向上的箭头表示预期的收入,向下的箭头表示预期的成本

图 2 项目未来现金流图

从上面的假设可以得出这样的结论: 如果投

投资者站在图 2 的 A 点进行预计时认为, 当 R&D 项目到期后也就是在该项目研发成功后, 进一步投入生产和销售的成本将大于销售取得的收入, 那么这个 R&D 项目的价值是零, 他可以不投入这个 R&D 项目。相反, 如果他预计将来生产和销售的成本小于预期的销售收入, 那么他就可以选择对这个项目投入, 并且投资者会认为对 R&D 项目所投入的经费的上限就是生产销售的收入和成本的差值。这样, 一个科研项目的预期价值可以这样表示:

$$V^* = \max[0, R - K] \quad (1)$$

或者

$$V^* = \begin{cases} R - K & \text{if } R > K \\ 0 & \text{if } R \leq K \end{cases} \quad (2)$$

这里  $V^*$  —— R&D 项目的价值

$R$  —— 期望收入的净现值

$K$  —— 生产和销售成本的净现值

这个 R&D 项目的价值就是对  $V^*$  计算的结果。当然, 公司没有办法知道  $V^*$  到底是什么直到这个项目结束, 所以必须用  $R$  和  $K$  的期望值对  $V^*$  进行估计。这个过程由图 2 中 A—B 部分表示。

其中对  $R$  和  $K$  的估计根据相关行业和相似的科研项目的投入和产出得到的。

假设  $X$  是净现金流,  $X = R - K$ , 那么项目的期望价值由下面的公式表示:

$$E[V^*] = \int_0^{\infty} x f_x(x) dx \quad (3)$$

这里  $f_x(x)$  是净现金流量的密度函数, 如果销售收入和生产和销售的成本是正态分布, 很容易从  $R$  和  $K$  推出  $f_x(x)$  的分布。

假定折现率为  $r$ , 对式 (3) 计算结果进行折现得到

$$V = e^{-rt} \int_0^{\infty} x f_x(x) dx \quad (4)$$

可见, 如果可以从  $R$  和  $K$  的数据推断出  $X$  的分布, 就可以用这个等式来估计 R&D 项目的期权价值。

在假设  $R$  和  $K$  是独立、正态分布的情况下, 这两个正态分布的随机变量的均值是  $\mu_r$  和  $\mu_k$ , 方差是  $\sigma_r^2$  和  $\sigma_k^2$ 。这样  $X = R - K$  是正态分布, 均值是  $\mu_x = \mu_r - \mu_k$ , 方差是  $\sigma_x^2 = \sigma_r^2 + \sigma_k^2$ 。这样 R&D 项目在完成时候的期望值可以由公式 (3) 推导出这样的表达式:

$$E[V^*] = \frac{\sqrt{\sigma_r^2 + \sigma_k^2}}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\mu_r + \mu_k)}{2(\sigma_r^2 + \sigma_k^2)}} + (\mu_r - \mu_k)p \quad (5)$$

( $X > 0$ )

### 3 对 Morris, Teisberg and Kolbe 模型的修正应用

#### 3.1 对 Morris, Teisberg and Kolbe 期权定价模型修正的依据

从上面模型介绍可以看到:

1) 模型中对预期收入和成本的估计是来源于相关行业相似产品的生产和销售的成本和收入。因此在基本收集全了已经存在的相关行业的相关产品的生产和销售成本和收入之后, 估算出的 R&D 项目的期权性价值是一个客观值。但是, 不同的产品必然有自己在生产和销售的时候的特殊性, 因此在计算时应该充分考虑对 Morris, Teisberg and Kolbe 计算结果的各种影响因素。然而对这些影响因素和它们影响力的判断是因人而异的, 是主观的, 也不好用一个定量的模型来描述。所以需要定性分析的结论对定量计算结果进行修正。

2) 即使决定要对一个 R&D 项目进行投入的时候, 也不能就凭一次的估算就完全放心地投入下去。因为随着研发的进行, 一些对项目的影响因素越来越明朗, 使其价值判断的依据越来越充分。因此, 应该在投入生产和销售之前每隔一定时间就对项目预期现金流进行持续的估算, 防止在项目研发结束时再发现不能进行生产和销售投入的损失。

#### 3.2 对 Morris, Teisberg and Kolbe 期权定价模型的修正

##### 3.2.1 对预期现金流计算方法的改进

为了使计算的结果更加的可靠, 可以把原来对图 2 中 A 点的现金流的估计分成三步进行。

1) 在图 2 中 A 点进行投资决策的时候可以先找相关行业的有关收入和成本的资料使用式 (5) 进行估算。并且把这个估算结果的折现值作为决策的初步依据。

2) 在计算的基础上, 挑选由技术专家、生产专家、销售专家组成的小组。小组的任务就是运用

专家在行业中的职业经验对影响 R & D 项目生产和销售的收入和成本主要因素进行分析。其具体步骤是：首先，在专家小组讨论的基础上，罗列出对本 R & D 项目的生产和销售最可能的影响因素。然后，由小组中的成员各自独立地对各影响因素对收入和成本影响的程度进行评价，并且，小组中各成员应该各自独立地汇总出对收入和成本总的因素是多少。这种对影响的程度的评价用百分比的形式表示。最后，小组中的专家再次开会，把各自得出的影响因素拿出来，用某一方法汇总出包括各个专家意见的总的收入影响的百分比。

3) 假定收入和成本这两个随机变量同等程度地受到有专家小组得到的影响因素的影响。则新的收入的均值  $\mu_k' = (1 + n\%) \mu_k$ ，其中  $n\%$  是各影响因素对收入影响的百分比；新的生产和销售的成本的均值是  $\mu_r' = (1 + m\%) \mu_r$ ，其中  $m\%$  是各影响因素对。同理新的收入和成本的方差分别为  $\sigma_k'^2 = (1 + n\%)^2 \sigma_k^2$ ； $\sigma_r'^2 = (1 + m\%)^2 \sigma_r^2$ 。再把新的加入影响因素的数值代入(5)中。对计算结果进行折现。

4) 遵循谨慎原则，投资者应该取初步计算结果和修正之后计算结果中较小的值，作为这个期权的估计值。

### 3.2.2 在研发过程中对未来现金流的估算

对于一个要多年时间进行 R & D 项目来说，应该在其研发的过程中对此项目的未来现金流进行循环不断地估算。这个过程如图 3 所示。

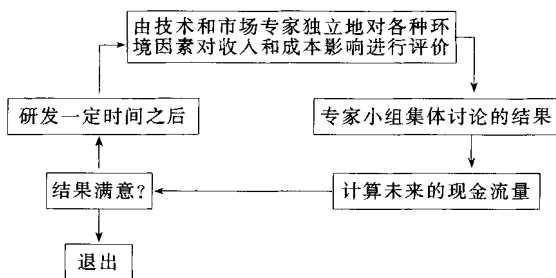


图 3 R & D 项目期权价值估算流程图

从图 3 中可知，当投资者面对一个 R & D 项目投资决策的时候，可以使用 3.2.1 已经论述的方法计算未来的现金流量，然后根据计算结果进行判断。当投资者认为结果是满意的，并且已经根据

这个计算结果决定对这个项目进行投入。假定这个项目预计要三年之后才能投入生产和销售，并且投资者应该在 3 年中平均分配研发经费。在研发一年之后，投资者利用 3.2.1 中(2)步骤阐述对影响因素分析的方法对新的环境因素的影响的程度进行估计。然后利用 3.2.1 中(3)步骤来计算考虑了新影响因素的新的未来现金流。把这个结果和原来计算结果进行对比，如果由于不利因素的影响使未来现金流变得太小以至于无法维持第二年的研发开销，那么就on考虑是否要对项目放弃。当新的计算结果大于原来计算结果时，投资者还是应该遵循稳健原则，按原来计算结果进行投入。

## 4 R & D 项目的期权性价值定价模型应用的举例

为了简化计算过程，在本例中使用加权平均的方法来得到估计各种影响因素对销售收入和生产销售成本的影响。

现在用一个假想例子来说明该模型的应用。

假定一个公司有机会投资于一个 R & D 项目，这个项目将在 3 年后研发结束。从与这个项目相关的产品的生产和销售经验来看，对收入主要影响因素是，需求结构、竞争者影响、市场进入障碍；影响成本的主要因素是，生产成本、企业发展成本、销售成本。预计未来收入是正态分布，平均值 10M 和标准差是 1.732M；并且生产和销售的平均成本是 9M，标准差是 1M。这样净现金流量是正态分布，平均值是 1M，标准差是 2M，其大于零的概率 P 是 0.69。这样此 R & D 项目的预计的正的净现金流的期望值是

$$E[V^*] = \frac{2}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}(1/2)^2} + 1 \times (0.69) = 1.39M$$

假设折现率是 10% 的话，这个项目预计的期权价值是 1.03M。

初步定量计算之后，由技术专家、管理专家组成的分析小组对影响收入和成本的主要因素进行分析，现举一个管理人员对各方面因素分析之后得到的表格：

表 2 主要外部条件对收入和成本的影响

收入影响因素	估计影响收入的百分比	成本影响因素	估计影响成本的百分比
需求的结构 占总影响权数 40%	20%	生产条件情况 占总影响权数 40%	10%
市场进入障碍 占总影响权数 20%	- 10%	销售渠道 占总影响权数 40%	- 5%
竞争者影响 占总影响权数 40%	10%	企业扩张条件 占总影响权数 20%	10%
加权平均	$20\% \times 40\% + (-10\% \times 20\%) + 10\% \times 40\% = 11\%$		$40\% \times 10\% + (-5\% \times 40\%) 20\% \times 10\% = 4\%$

注: 表中列出的各影响因素占总影响的权重是由不同的评价者自己制定的

当这个评价小组中所有的评价者都填写了这样的一张表格之后, 全体小组成员把各自的表格放在一起进行汇总讨论, 并且根据组内各专家在生产和销售中不同的地位和经验, 给每张表格分配不同的权数, 加权平均后得出在各因素的影响下收入和成本变化的百分比的结论。在本例中假设最后得出: 收入将增加 10%, 成本增加 5%。

预计的收入仍然是正态分布, 则新的平均值 11M 和标准差是 1.9M, 并且生产和销售成本也是正态分布的, 则新的平均成本是 9.45M, 标准差是 1.05M。这样净现金流量是正态分布, 平均值是 1.55M, 标准差是 2.17M, 其大于零的概率 P 是 0.71。由此得到该 R&D 项目的新的正的净现金流的期望值是

$$E[V^*] = \frac{2.17}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{2.4}{2 \times 4.73}} + 1.55 \times (0.71) = 1.87M$$

如果折现率仍然是 10%, 那么这个项目的新的估算的期权价值是 1.59M。

通过对上面案例的计算可知, 修正后的投资结果比修正前的大, 遵循稳健性原则, 这个项目的期权价值是 1.03M。

同时, 当对这个项目进行一段时间(比如一年)的研发之后, 再组织专家小组按照当时的生产销售变化的情况, 给出根据当时的变化了的条件估计的对预期收入和预期成本的影响程度的估计值, 并把修正之后的预期收入和预期成本带入(4)进行计算。对于计算出来的结果, 折现到 A 点之后, 还是应该遵循稳健性原则, 把原来计算结果和新的计算结果中较小的值作为该项目的期权性价值。当新计算出的项目的期权性价值太小以至于无法很好的开展研发, 投资者就应该考虑是否退出, 以减少损失。

从上面的理论分析和实例应用的情况, 不难看出, 在对 Morris, Teisberg and Kolbe 期权定价模型进行应用上的修正之后, 对 R&D 项目的期权价值的估算更加稳妥、可靠。

## 参 考 文 献

- [1] Tittle G L, Scriven E F V, Fusfeld A R. Resolving uncertainty in R&D portfolios[J]. Research · Technology Management, 2000, 43(6): 47-55
- [2] Mello A, Neulhaus H. Portfolio approach to risk reduction in discretely rebalanced option hedges[J]. Management Science, 1998, 44(7): 921-934
- [3] Angelis D I. Capturing the option value of R&D[J]. Research · Technology Management, 2000, 43(3): 31-34
- [4] 谈毅, 冯宗宪. 高新技术风险投资的期权特征与经济评价[J]. 科研管理, 1999, 20(3): 38-41
- [5] Sheasley D. Taking an option approach to new technology development[J]. Research · Technology Management, 2000, 43(6): 37-43

- [6] Kulatilaka N, Perotti E. Strategic growth options[J]. *Management Science*, 1988, 44(8): 1021-1031
- [7] [美]汉姆·列维 投资学[M]. 北京: 北京大学出版社, 1998
- [8] Ross S A, Westerfield R W, Jaffe J F. Corporate finance[M]. Irwin: McGraw-Hill Company, Inc, 1999
- [9] 谢科范 风险管理技术创新[M]. 石家庄: 河北科学技术出版社, 1999
- [10] Hartmann G C, Lakatos A I. Assessing technology risk- A case study [J]. *Research · Technology Management*, 1998, 41(2): 32-38
- [11] Shepherd D A. Venture capitalists' assessment of new venture survival[J]. *Management Science*, 1999, 45(5): 621-631
- [12] Hansen A T, Jørgensen P L. Analytical valuation of American-Style Asian options[J]. *Management Science*, 2000, 46(8): 1116-1135
- [13] 董景荣 R&D 项目中止决策的小波网络模式识别[J]. *管理科学学报*, 2001, 2(4): 67-73
- [14] Browne S. Risk-constrained dynamic active portfolio management[J]. *Management Science*, 2000, 46(9): 1188-1199

## Analyzing option character and valuing option value of R&D

ZHOU Yong, ZHOU Ji-zhong

Business Administration, the Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China

**Abstract** When selecting a R&D project, not only does the investor consider the technological risk, but also assesses the option value of R&D. Based on the analysis of option character of R&D and the introduction of Morris, Teisberg and Kolbe model used to calculate the option value of a R&D, this article describes a method for assessing the option value through combining qualitative analysis in the Morris, Teisberg and Kolbe model. Moreover, this article puts forward a point of view that the option value of R&D ought to be assessed step by step.

**Key words:** option character; option value of R&D; valuing