

实物期权、二项式定价模型与融资结构

——不确定性环境下初创企业融资决策探讨

李焰, 刘丹

(中国人民大学商学院, 北京 100872)

摘要:实物期权不但在投资决策中有着广泛的应用,而且在融资决策中也扮演着重要的角色。本文以期权的风险中性定价方法及二项式定价模型为理论基础,探讨了不确定情况下实物期权在初创企业融资决策中的应用。

关键词:实物期权;风险中性定价方法;二项式定价模型;融资结构

中图分类号:F224;F272.3 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-9952(2003)05-0058-07

一、初创企业的不确定性和应用实物期权做融资决策的意义

企业生存的核心意义是创造价值增值,其所有经营活动,包括融资活动均围绕价值的创造。这决定了企业融资决策必须以定价为基础,确保实现最低的融资成本和最大的价值创造。按照企业生命周期的规律,初创企业未来增长的不确定性质远远大于处于其它生命阶段的企业,亦即企业风险较大。因此,初创企业在融资决策的价值分析中必须充分考虑这种不确定性质。

初创企业未来增长的不确定性很高,从而风险很大的特点使得以现金流贴现确定价值的方法存在一定的局限性。按照现金流贴现的方法,风险越大的项目,可能价值越低。但是这种方法忽略了一旦运用期权从而摒弃可能出现的坏结果、接受好结果带来的价值。期权也称或有决策(contingent decision),即可以在看到事情将如何发展之后再制定决策的机会,如果情况向好的方向发展就做出一种决策。因此,对于未来结果不确定性很大、风险很大的初创企业,用现金流贴现方法可能会错误估计价值。体现或有决策思想的期权定价方法解决了这个问题。

期权是一种特殊的合约协议,它赋予持有者在给定日期或该日期之前的任何时间以固定价格购进或售出某种资产的权利。但它只有权利而没有义务。这种权利与义务的不对称性实际上提供了一种保险的可能,即可以做到对损失的保护。因此当存在不确定性时,期权是有价值的,而且不确定性越大,期权的价值就越大。如果资产含有期权,那么资产的风险越大,其价值可能也越大。企业是个经济实体,也是一个含有多种期权合约的集合。因此,期权原理及其定价方法完全可以应用到企业,尤其是应用到初创企业中去。

期权定价方法最初是以有频繁交易的金融期权产品为基础产生的^①,尽管如此,其基本思想也同样适用于被称为实物期权的非金融期权。实物期权是金融期权理论在实物(非金融)资产期权上的扩展,它把金融市场的规则引入到企业内部战略投资决策中来。实物期权同期权一样是一种或有决策,因此其损益是非线性的,它将随着决策变化而变化。实物期权可划分为扩展型期权、收缩型期权、放弃型期权、延期型期权和转换型期权。在不确定的条件下,企业利用实物期权不仅能够及时适应市场,而且还可以通过自主的行动创造商业机会,在最适当的时机做出决策,

收稿日期:2003-02-24

作者简介:李焰(1956—),女,北京人,中国人民大学商学院副教授;

刘丹(1973—),女,河北秦皇岛人,中国人民大学商学院硕士生。

争得主动,消除不确定性,避免不利结果,使企业处于有利的境地,从而长期保持增长能力。因此,处于不确定性很强阶段的初创企业尤其适宜采用实物期权方法来帮助决策。

本文试图以期权定价中的风险中性定价方法及二项式定价模型为理论基础,探讨不确定情况下实物期权在初创企业融资决策中的应用。

二、实物期权定价中的风险中性定价方法及二项式定价模型

在运用实物期权方法为初创企业做融资决策时,需要运用期权定价方法。期权定价模型中最著名和最常用的是 Black-Scholes 模型,但该模型是建立在严格的假设基础之上的,并且只适用于计算欧洲式期权的理论价格,对实物期权问题的解决适用性较差,而二项式定价模型(Binomial model)从原则上讲,可以处理任何复杂的期权问题。二项式定价模型实际上又是对风险中性定价方法的推广和扩充。

风险中性定价方法(risk-neutral valuation method)是由 Cox、Ross 和 Rubinstein 于 1976 年提出的。他们发现用期权及其复制组合构造的对冲头寸可以使投资人获得无风险收益率,无论他们的风险偏好如何。如果基础资产价值变化,且只要动态地更新复制组合的构成,那么就可以保持无风险对冲。因此对冲头寸的收益率和复制组合的构成对风险厌恶、风险喜好和风险中性等各类投资者的价值含义都是相同的,因为它根本就没有风险,也就是说,复制组合和期权的价值独立于风险偏好。因此,Cox、Ross 和 Rubinstein 假设所有人都是风险中性的,这样便不需要估计各种风险补偿,略去了对风险定价的复杂内容。

按照风险中性的假设可以引出两个重要的结论:(1)在一个风险中性的世界里,所有证券的预期收益率都是无风险利率;(2)在风险中性的世界里,将期望的现金流用无风险利率贴现即可获得现金流的现值。

于是,用风险中性定价方法为资产定价的基本步骤可以是:首先,确定风险中性概率(即使一项资产的期望回报率等于无风险利率的概率);其次,以此风险中性概率作为资产未来价值的权重得出加权平均的未来价值;第三,用无风险利率对加权值贴现,得出无套利情况下资产的现值。风险中性概率的计算公式为:

$$\Pi = (1 + r_f - d) / (u - d)$$

其中: Π = 风险中性概率, r_f = 无风险利率, $u = 1 +$ 基础资产行情上升时的每期回报率, $d = 1 +$ 基础资产行情下降时的每期回报率。

如前所述,二项式定价模型是对风险中性定价模型的补充与拓展。二项式模型以对基础资产价值变化的一种简单描述为基础,在每个时间段内,基础资产价值只能取两个可能结果中的一个值:上升某个百分点或下降某个百分点。在被广泛应用的长时间段不确定性二项式模型中,基础资产具有初始价值 V ,在一个较短的时间内,它要么向上变为 V_u ,要么向下变为 V_d ,在下一个阶段基础资产的可能值为: V_{uu} 、 V_{ud} 或 V_{dd} ,依次类推。用决策树表示可见图 1。

如果适当选取上升或下降的百分数, n 期后则可能有 $n+1$ 个不同的后果,正如二项式分布一样。利用风险中性定价方法对每个后果计算出相应期权的价值,然后由后往前逐期推算,像决策树一样,最后可以求出期权的现在价值。在多期数二项式定价模型里,两期二项式定价模型是决策分析中最常用的模型,同时也是计算多期数期权价值的基础。它的计算公式为:

$$V = [\Pi V_u + (1 - \Pi) V_d] / (1 + r_f)$$

$$V_u = [\Pi V_{uu} + (1 - \Pi) V_{ud}] / (1 + r_f)$$

$$V_d = [\Pi V_{ud} + (1 - \Pi) V_{dd}] / (1 + r_f)$$

其中:

V = 期权现在的价值;

- V_u = 经过一期后基础资产价格上升时的期权价值;
- V_d = 经过一期后基础资产价格下降时的期权价值;
- V_{uu} = 一期后基础资产价格上升且二期后标的资产价格依旧上升时的期权价值;
- V_{ud} = 一期后基础资产价格上升但二期后标的资产价格下降时的期权价值;
- V_{dd} = 一期后基础资产价格下降且二期后标的资产价格依旧下降时的期权价值;
- Π = 风险中性概率;
- r_f = 无风险利率。

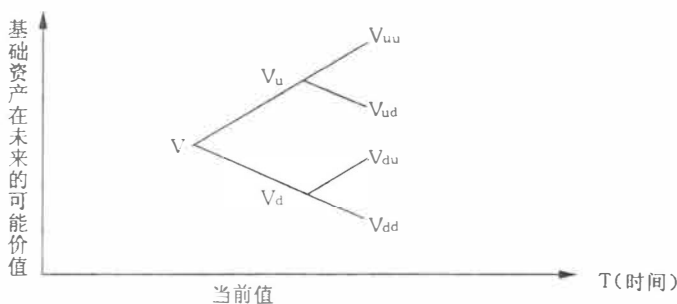


图1 二项式定价模型图示

三、实物期权及二项式定价模型在初创企业融资决策中的应用

企业融资决策主要是确定融资结构,在确定最佳融资结构的基础上再具体考虑融资方案。企业融资结构的最佳与否是实现企业价值最大化的重要前提。当我们为未来不确定性很大的初创企业选择最佳融资结构时,可以运用实物期权定价方法衡量不同融资结构下的企业价值,从而选择正确的融资方案。在这部分内容中,我们运用前述实物期权的二项式定价模型对一个模拟的初创企业进行融资结构的价值分析。

企业的融资结构不外乎在完全权益融资和完全债务融资这两个极端情况之间进行选择。为了便于分析,我们假设初创企业的融资结构有100%权益融资、50%债务融资、100%债务融资三种情况(尽管第三种情况出现的可能性很低)。

(一)假设一个模拟企业

假设拟分析的企业是一家创立不久的快餐食品公司。该企业初始投资为140元。由于初次涉足快餐行业,打算第一年小规模经营,若一年后市场情形较好,再投资100万元扩大生产,否则将不增加投资。企业经过缜密的调查分析,得出的预测结果是:两年以后企业会产生现金流入 $C^{++}=500$ 万元; $C^{+-}=C^{-+}=300$ 万元; $C^{--}=50$ 万元。其中 C^{++} 表示未来第一年市场情形较好且未来第二年市场情形仍较好时的现金流入; C^{+-} 表示未来第一年市场情形较好但第二年市场情形较差时的现金流入; C^{-+} 表示未来第一年市场情形较差但次年市场情形较好时的现金流入; C^{--} 表示未来第一年市场情形较差且次年市场情形仍较差时的现金流入。

在运用二项式定价模型为实物期权定价时,关键是要确定基础资产的价格和预期未来价格的变动幅度。理想的基础资产价格是有连续市场交易的、且市场效率较高的市场价格。显然对于企业来说,这种理想的基础资产价格应该是其发行股票的市场价格。由于是初创企业,没有自己的股票价格可资引用,因此可以采用的变通方法是选择与该企业经营性质相同的可比上市公司的股票价格。

假定选择的可比企业股票价格,即基础资产价格目前为10元。根据历史数据和预测分析,该股票的价格若上涨,则每年增幅为 $u=1.8$;若下跌,则每年跌幅为 $d=0.6$ 。于是,预测的股票未来两年内价格变动情况如图2所示:

假定无风险利率为5%。

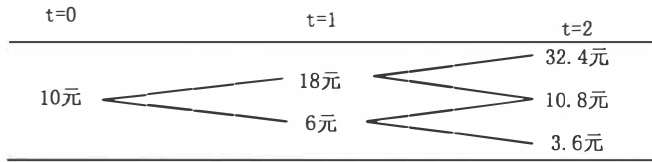


图 2 基础资产价格预测

面对未来的不确定性,假定快餐食品公司制定了 100% 权益融资、50% 债务融资和 100% 债务融资 3 套方案,相应的实物期权如表 1 所示。公司希望从中选择一套既能降低经营风险又能获取最大收益的决策方案。

表 1 模拟企业的三种融资结构以及实物期权内容

融资结构	持有的实物期权内容
100% 权益融资, L=0	T=1 时的扩展期权
50% 债务融资, L=50%	T=1 时的扩展期权; T=2 时的偿还债务期权
100% 债务融资, L=100%	T=1 时的扩展期权; T=2 时的偿还债务期权

(二)对模拟企业不同融资方案(结构)的价值比较

1. 100% 权益融资方案,公司持有扩展期权

这种融资方案下,公司独家出资 140 万元组建工厂,一年后若市场行情较好,公司再追加投资 100 万元扩大生产规模,反之则放弃追加投资。发展方案如图 3 所示。在此方案中,公司的资本结构为全股本结构,公司未来的风险与收益均由自己独立承担。公司拥有未来第一年继续扩大投资或放弃追加投资的选择权。

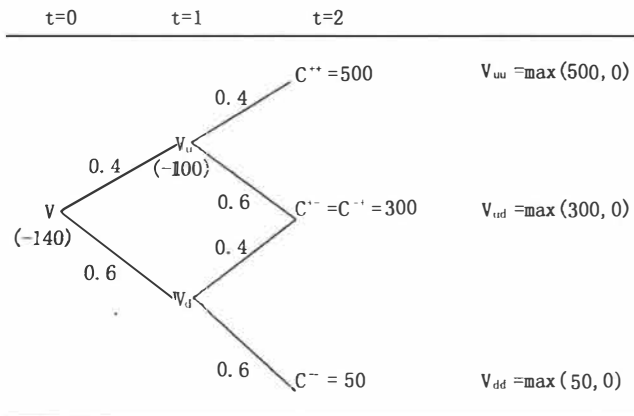


图 3 完全权益融资下的公司现金流图示

根据可比公司股票未来两年价格波动状况及风险中性概率公式,可以计算出如下风险中性概率:

$$\Pi = (1 + 5\% - 0.6) / (1.8 - 0.6) = 0.4$$

$$1 - \Pi = 0.6$$

则利用二项式期权定价公式可得 t=1 时公司的价值为:

$$V_u = [(0.4 \times 500 + 0.6 \times 300) / (1 + 5\%)] - 100 = 262 \text{ (万元)}$$

$$V_d = (0.4 \times 300 + 0.6 \times 50) / (1 + 5\%) = 143 \text{ (万元)}$$

同理,可以计算出 t=0 时公司的价值为:

$$V = [(0.4 \times 262 + 0.6 \times 143) / (1 + 5\%)] - 140 = 42 \text{ (万元)}$$

即在完全权益融资下该公司的价值为 42 万元。

2. 100% 负债融资, 公司持有扩展期权和破产期权

假设在 $t=0$ 时, 快餐食品公司通过发行票面利率为 8% 的两年期风险投资债券筹集初始资本 140 万元, 两年后公司以现金流入一次性偿还债务本息, 债务偿还额为 $140 \times (1+8\%)^2 = 163$ 万元。此时若公司价值大于债务额, 则公司选择偿还债务, 若公司价值小于债务额, 则公司选择破产。此外, 若一年后市场行情较好, 公司计划再投资 100 万元扩大生产规模, 反之则放弃追加投资。发展方案如图 4 所示。在此方案中, 公司未来的风险主要由债权人承担, 收益由债权人与公司分享。公司拥有在未来第一年 ($t=1$) 继续扩大投资或放弃追加投资及未来第二年 ($t=2$) 偿还债务或宣布破产的选择权。

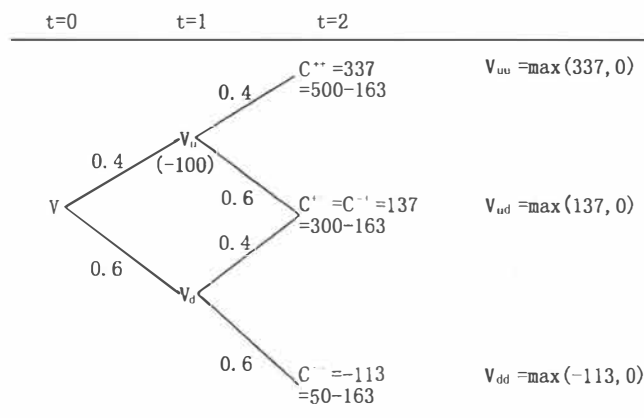


图 4 完全债务融资下的公司现金流图示

用同样方法计算出风险中性概率:

$$\Pi = (1+5\% - 0.6) / (1.8 - 0.6) = 0.4$$

$$1 - \Pi = 0.6$$

用二项式期权定价公式可得 $t=1$ 时公司的价值为:

$$V_u = [(0.4 \times 337 + 0.6 \times 137) / (1+5\%)] - 100 = 107 \text{ (万元)}$$

$$V_d = (0.4 \times 137 + 0.6 \times 0) / (1+5\%) = 52 \text{ (万元)}$$

$T=0$ 时公司的价值为:

$$V = (0.4 \times 107 + 0.6 \times 52) / (1+5\%) = 70 \text{ (万元)}$$

即在完全债务融资的情况下公司的价值为 70(万元)。

3. 50% 负债融资, 公司持有扩展期权和破产期权

按照这种融资结构, 公司最初投资 70 万元, 同时发行票面利率为 8% 的两年期风险投资债券 70 万元。两年后公司以现金流入一次性偿还债务本息, 债务偿还额为 $70 \times (1+8\%) = 82$ 万元。此时, 若公司价值大于债务额, 公司选择偿还债务; 若价值小于债务额, 则选择破产。此外, 若一年后市场行情较好, 公司计划再投资 100 万元扩大生产规模; 反之则放弃追加投资。其发展方案如图 5 所示。在此方案中, 公司的资本结构为债务与股权混合融资, 未来风险和收益由债权人与公司共同承担。同时公司拥有在未来第一年继续扩大投资或放弃追加投资及未来第二年偿还债务或宣布破产的选择权。

根据风险中性概率公式和基础资产价格波动得出的风险中性概率为:

$$\Pi = (1+5\% - 0.6) / (1.8 - 0.6) = 0.4$$

$$1 - \Pi = 0.6$$

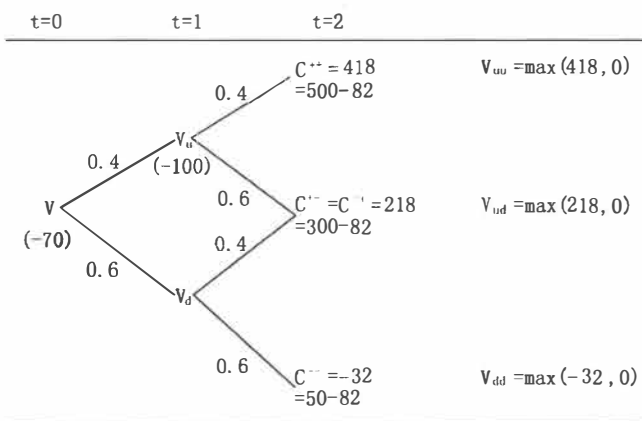


图 5 混合融资下的公司现金流图示

用二项式期权定价公式得出 t=1 时公司的价值为:

$$V_u = [(0.4 \times 418 + 0.6 \times 218)] / (1 + 5\%) - 100 = 184 \text{ (万元)}$$

$$V_d = (0.4 \times 218 + 0.6 \times 0) / (1 + 5\%) = 83 \text{ (万元)}$$

T=0 时公司的价值为:

$$V = [(0.4 \times 184 + 0.6 \times 83) / (1 + 5\%)] - 70 = 48 \text{ (万元)}$$

即在混合融资(50%负债)下公司的价值为 48(万元)。

在考虑实物期权下三种融资结构对快餐食品公司的价值效果总结如表 2 所示:

表 2 三种融资结构的价值比较

融资结构	公司价值
100%权益融资, L=0	42 万元
50%债务融资, L=50%	48 万元
100%债务融资, L=100%	70 万元

显然,对于这家公司来说,三个融资方案中最佳者为全额负债融资,因为这种融资方案能够使公司的价值最大;其次为债务与权益的混合融资;再次为全股本融资。

四、几个需要强调的问题

从以上对模型的应用过程中可以发现,实物期权以及二项式定价模型可以成为企业融资决策中一个十分有用的定量分析工具,对于创业企业和其他风险较大的企业,如石油勘探、制药等企业尤其有用。

在对有实物期权的资产进行定价时,二项式定价模型与其他定价模型相比较,有两个明显的便利之处:

第一,不必使用风险调整利率。在用现金流贴现模型定价时需要使用风险调整利率。而风险调整利率的确定是十分困难的事情。这在资本市场效率较低下,用资本市场定价模型确定相关的参数(如贝它系数)存在较多的障碍时尤为如此。包括二项式定价模型在内的所有期权定价模型巧妙地规避了这个问题,这种方法十分巧妙地借助无风险套利机会的均衡价格寻找风险中性概率,从而可以用无风险利率替代风险调整利率,确定资产价格。

第二,无需测定基础资产价格或收益率的标准差。而 Black-Scholes 模型需要这个数据。当然,省去这项工作的前提必须是有较少的预测期间。如果预测期间较多,如 3 期以上,还是需要使用其他的期权定价模型。

但是,使用二项式定价模型为含有实物期权的资产定价时,必须注意的一个关键问题是选择合适的基础资产。所谓合适的基础资产,首先要求它与无风险资产的组合能够复制被定价资产的未来现金流;其次要求其流动性较好,有合理的市场价格。这对于基础资产交易的市场,尤其是对资本市场提出了较高的要求。当资本市场效率较低,缺乏无风险套利均衡形成的基础环境时,二项式模型定价的准确性可能会受到一些影响,这一点从性质上看与其他定价模型是一样的。

鉴于以上分析,可以认为二项式定价模型是对含有实物选择权的资产定价的一种较理想的方法,尤其适用于未来不确定性程度较高的企业或资产定价,在企业战略决策中具有很大的应用前景。但是在资本市场效率较低的环境下,需要适当降低对其评价结果的依赖性。

注释:

①在这方面做出重要贡献的是费雪·布莱克(Fischer Black)和迈伦·舒尔斯(Myron Sholes)。1973年期权定价模型问世,这种新的资产定价方法对于现代金融理论和实践都做出了重大贡献。

参考文献:

- [1]Black, F., and M. Scholes. (1973), The Pricing of Options and Corporate Liabilities[J]. *Journal of Political Economy*, No. 81, 637—659.
- [2]Brealy, R., S. Myers. (1996), *Principles of Corporate Finance*[M]. 5th ed. New York: Irwin McGraw-Hill.
- [3]Cox, J., and Ross. (1976), Option Pricing: A Simplified Approach[J]. *Journal of Financial Economics*, Vol. 7, September, 229—263.
- [4]Ross, S. (1995), Uses, Abuses, and Alternatives to the Net Present Value Rule[M]. *Financial Management*, Vol. 24, No. 3, 96—102.
- [5]Rubinstein, M. (1995), On the Accounting Valuation of Employee Stock Options[J]. *The Journal of Derivatives*, Fall, 8—24.
- [6]Tufano, P. (1996), How Financial Engineering Can Advance Corporate Strategy[J]. *Harvard Business Review*, January-February, 136—146.
- [7](美)马莎·阿姆拉姆,纳林·库拉蒂拉卡. 实物期权(中译本)[M]. 北京:机械工业出版社,2001.
- [8]Mark Grinblatt, Sheridan pitman. 金融市场与公司战略[M]. 北京:清华大学出版社,2002.
- [9]李焰. 期权定价理论在企业价值评估中的应用[J]. *财贸经济*, 2001, (5).
- [10]乔春华,王军伟. 期权定价理论的发展及其在公司理财中的应用. *审计与研究*, 2001, (4).
- [11]黄兴旺,朱楚珠. 金融套利定价理论及应用分析[J]. *武汉汽车工业大学学报*, 2000, (10).

Real Option, Binomial Model and Financial Structure

—A Research on Financing Decision for Start-up Firm in Uncertainty

LI Yan, LIU Dan

(School of Business Management, Renmin University of China, Beijing 100872, China)

Abstract: Real option is widely applicable in investment decision and it also plays an important role in financing decision. The paper expounds the application of real option in the financing decision of start-up firms in uncertainty on the theoretical basis of risk-neutral pricing approach and binomial model.

Key words: real option; risk-neutral pricing approach; binomial model; financial structure