

基于实物期权的 BOT 项目特许期决策模型研究

赵国杰, 何涛

(天津大学 管理学院, 天津 300072)

摘要: 特许期的确定,是“建造-运营-转移”项目中政府与私人投资集团谈判的主要内容之一。在考虑了单阶段特许期结构下的私人投资者具有等待期权价值,建立包含实物期权价值的特许期决策模型,并将其应用到交通运输基础设施项目的投资决策实践中。与传统的净现值方法的对比分析表明,考虑期权价值后,项目可以在较短的特许期内获得同样的预期收益,为双方的特许权期谈判提供了决策依据。

关键词: 建造-运营-转移; 特许期; 实物期权; 决策模型

中图分类号: F284

文献标识码: A

文章编号: 1009-3370(2010)05-0027-04

一、引言

建造—运营—转移 (Build-Operation-Transfer, BOT) 是一种利用私人资金来承担某些非资源类基础设施项目建设,并大大缓解基础设施需求与政府投资不足矛盾的有效模式^[1]。BOT 项目融资需要解决的核心问题是风险分担,其方法是多次协商签订特许权协议,划分各自的权利和义务,而其中特许期限是项目特许权协议的重要内容。迄今为止,关于特许期的决策问题,已经有一部分学者做了研究。Tiong^[2]认为特许期的确定是一个多方平衡的结果,如果处理得当,将会是一个双赢的局面。Michael & Charles^[3]运用实物期权理论分析了 BOT 项目在特许期内的收益问题,并与传统方法进行了比较分析。Shen 等^[4]提出了一种基于 NPV 的特许期的决策方法并给出了能够确定项目公司和政府可接受的特许期的边界条件。李启明^[5]等分析了影响特许权期的内外部环境因素,并给出了一种基于 NPV 和插值法确定特许期的方法。赵立力^[6]以投资规模和特许期为项目公司和政府的决策变量,建立政府和项目公司之间的博弈模型,并得到了特许期的最优决策模型。高利峰等^[7]利用委托—代理理论研究了 BOT 项目中政府与项目公司之间的委托—代理关系,并通过确定政府与项目公司的分成比例,建立了 BOT 项目的特许期决策模型。

上述方法都是基于传统的 NPV 方法来衡量项目价值的,而 NPV 方法存在其固有的问题^[8]。实物期权法则被认为是可以有效地改善 NPV 方法的不足,但是在特许期决策中,迄今尚未见有人研究。如果政

府和项目公司在特许期谈判时,考虑这种期权价值,势必对特许期决策产生明显的影响。本文在文献[3]和文献[5]的基础上,提出一种基于实物期权的特许期决策模型,并以一个收费公路 BOT 项目为实例,对比分析传统方法和实物期权方法确定的特许期的差异。

二、特许期决策模型的建立

(一)实物期权理论与本文的方法选择

实物期权是一种随着不确定性条件的变化而在未来采取特殊行动的权利^[9],实物期权理论认为,如果将来的条件不确定,而且以后改变战略会产生相当可观的费用,那么能够制定柔性战略或者推迟决策就具有了价值。随着实物期权理论的产生,实物期权方法已经应用到石油天然气、制药、制造业、航空业、采矿业、房地产以及其他领域中。近些年,实物期权方法逐渐被建设工程和管理领域所接受和认可。例如,Leviäkangas & Lähesmaa(2002)^[10]认为实物期权方法是一种非常有效的评价方法,并将其应用于智能交通系统的投资评价中。Ho & Liang(2002)^[11]采用实物期权方法分析了基础实施建设项目的权益价值问题。Garvin & Cheah(2004)使用一个简单的二叉树模型来评价收费公路项目的等待期权价值。

通常,实物期权模型分为连续时间和离散时间两种,根据应用的特殊情况,两种方法包含了不同的假设。本文采用了 Cox et al.(1979)提出的基于离散时间的二叉树模型,该模型认为在完全市场和非套利原则下,标的资产的价格会向上或向下波动,这一点与连续模型的随机跳跃过程相吻合。而且该方法

收稿日期: 2010-01-22

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(70873032)

作者简介: 赵国杰(1958—),男,教授,博士生导师。E-mail: he8271@sina.com

实际上代表了决策树分析方法的“经济修正”观点,通过将实际状态转变为风险中性状态,由决策过程的柔性和非对称性引起的收益结构、风险特征以及折现率不固定等问题都迎刃而解了。

(二)问题描述

图1描述了BOT项目的全生命周期的时间过程。项目开始于 $T=0$ 时刻,0到 T_A 阶段是项目的立项及招投标阶段,在时刻 $t=T_A$ 签订特许权合同。 T_A 到 T_B 阶段是项目建设阶段,项目于 $t=T_A$ 时刻开始建成运营,到 $t=T_F$ 时刻项目生命周期结束,其中于 $t=T_C$ 时刻将项目转交给政府。则特许期为 T_A 到 T_C 的距离。

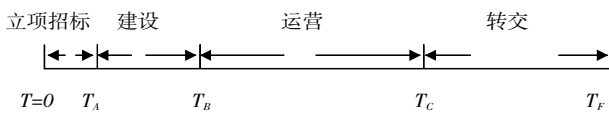


图1 典型BOT项目生命周期

从项目投资者的角度考虑,项目公司在签订特许权合同决定投资后,将会在约定的特许期内进行项目的建设和运营,在特许期内归还贷款本息,收回股本投资并达到一定的投资收益率,所以希望特许期尽可能长一些。

而从政府的角度考虑,基础设施项目提供的产品和服务可以被社会公众接受和承受,政府在特许期结束后,将在项目经济寿命周期结束之前继续经营项目。政府则希望缩短特许期来尽早实现对项目的控制权并实现一定的经济利益和社会效益。

(三)特许期决策模型

影响特许期的因素有很多,谈判双方主要从收益的角度出发,预测项目的现金流,达到各自的理想预期收益现值。文献[5]基于传统的NPV方法建立了式(1)所示的决策模型

$$\begin{cases} \text{投资者: } NPV_c = \sum_{t=T_A}^{T_C} \frac{CT_t - CO_t}{(1+r)^t} \geq I \times R_e \\ \text{政府: } NPV_c = \sum_{t=T_C}^{T_F} \frac{CT_t - CO_t}{(1+r)^t} \geq 0 \end{cases} \quad (1)$$

其中, T_A 为特许期合同签订时点; T_C 为特许期结束时点; T_F 为项目寿命周期结束时点; CT_t, CO_t 分别为第 t 年的现金流入和流出; R_e 为私人投资项目公司的期望投资回报率; r 为折现率; I 为投资总额。

传统的特许期决策方法实际上默许了项目公司不会推迟投资,在特许权合同签订后就立刻开始项目的建设,这实际上使项目的决策者陷入一种窘境。下文以分析收费公路项目为例,投资决策通常依据对交通流量的预测以及对项目收益和总体经济条件相关联判断。项目的开发者实际上具有另一个潜在

的选择:推迟项目建设。这种延迟可以获取更多的信息,观察经济的增长情况以此来准确预测交通流量。而事实上,项目的运营成本与项目运营时间是正相关的,所以,推迟建设项目虽然会使投资者的运营时间缩短,但并不一定会降低其项目收益。

因此,本文决定采用实物期权评估方法,以期能将项目的等待期权价值计算进去。这样公式(1)相应地变为公式(2)

$$\begin{cases} \text{投资者: } NPV_c^{RO} = \sum_{t=T_A}^{T_C} \frac{CT_t - CO_t}{(1+r_e)^t} + VRO \geq I \times R_e \\ \text{政府: } NPV_c = \sum_{t=T_C}^{T_F} \frac{CT_t - CO_t}{(1+r_f)^t} \geq 0 \end{cases} \quad (2)$$

其中, NPV_c^{RO} 代表嵌入了等待期权的项目价值; V_c^{RO} 代表等待期权的价值,本文认为项目公司与政府在评估项目时应采用不同的折现率; r_e 为项目折现率; r_f 为无风险利率。

(四)具有等待期权的项目价值估算

对于项目的投资者,实际上具有一个潜在的选择,就是推迟项目的开发。项目的延迟可以使投资者获得更多的信息,并且能够更准确地观察周围地区的经济增长状况。本文对具有等待期权价值的项目估价采用经典的二叉树模型,它可以更详尽地表示出基础设施工程初始需求的不确定性以及其对项目价值的影响。为了简化计算,模型基于如下几个基本假设:

- (1)项目的价值由特许期内息税前利润净现值(EBIT)表示,期权的执行价格是初始投资的资金成本的现值。
- (2)延迟建设的期权时间 t_n 是有限的,而且无论期权执行时间的长短,只要签订特许权合同,项目的特许期就是不变的。
- (3)将初始需求量作为关键变量,并且需求以相对固定和可预测的速率增长。初始需求量的不确定性,可以通过观察 t_n 时刻的主要变量和项目的相关条件解决。
- (4)等待投资建设不产生直接成本,也就是说 t_n 时刻净收益和成本的现值与当前价值相同,为了计算方便,通货膨胀等其他因素都被忽略。

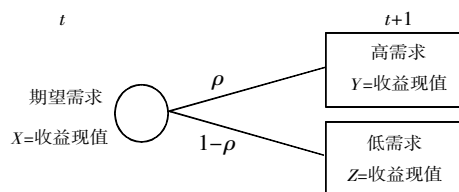


图2 基于风险中性概率的二叉树模型

图2所示为基于风险中性假设的二叉树决策模

型的一个阶段,高需求和低需求分别代表对初始需求量的乐观估计和悲观估计。由公式(3)可计算出风险中性概率 ρ , X, Y, Z 分别代表在 t 和 $t+1$ 时刻收益的现值, r_f 为无风险利率

$$X = [\rho Y + (1-\rho)Z] / (1+r_f) \quad (3)$$

由于投资者在期权到期日之间,随时可以决定是否投资工程项目,所以本文的等待期权实际上可以看作是一种美式看涨期权。基于上述的离散模型,理解为时间间隔 $t=1$,即投资分析者在 $t \leq t_n$ 时,每年做一次决策。投资者有两个选择,一种是执行期权,则得到预期收益 $PV_e^t - PV_c^t$,或者选择等待一年,后者的等待价值为 $e^{-r_f t} E(X_{t+1})$,则时刻 t 的期权价值为

$$X = \max[e^{-r_f t} E(X_{t+1}), PV_e^t - PV_c^t] \quad (4)$$

在 $t \leq t_n$ 时,投资者可以选择执行期权或放弃执行,则

$$X_n = \max[PV_e^{t_n} - PV_c^{t_n}, 0] \quad (5)$$

其中, $PV_e^t - PV_c^t$ 分别代表 t 时刻执行期权的预期收益和初始投资资本的现值; $E(\cdot)$ 代表基于风险中性概率的期望价值。使用公式(4)、(5)和逆推的方法进行价值返回,可以求得时刻 $t=0$ 含有等待期权的项目价值 X_0 。

三、工程项目实例分析

假设某收费公路的 BOT 项目,项目的基本情况有以下几个方面:

1.投资者经过市场调查分析,预测项目建设运营第 1 年的交通需求量为 $S_1=20\ 000$ 辆/日,且运营前 10 年以每年 10% 速率增长,10 年以后以每年 5% 的速率增长。

2.项目初始投资总额为 2.7 亿,项目运营后第 1 年的运营成本为投资额的 4%,并以每年 4% 的速率增长。

3.公路收费定价为 $p=5$ 元,设全年运营时间 $t=365$ 天,则全年总收益 $CT_t = pt S_t = 5 \times 365 \times S_t$ 。

4.项目建设期为 2 年,政府要求收费公路最晚于第 4 年开始运营,即期权执行时间为 2 年。每一决策年,投资者对初始交通量预测值的变动为上升或下降 10%,如图 3 所示。

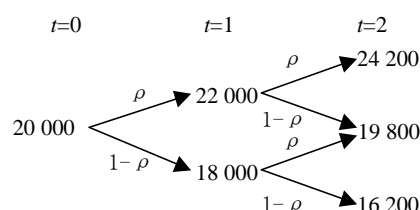


图 3 初始交通量预测值波动图

(5)项目公司的折现率的确定根据文献[3]的方法: $r_e = r_f + \beta_\alpha (r_m - r_f)$, 其中, $\beta_\alpha = \beta_{\text{revenue}} [1 + PV(FC)/PV(EBIT)]$ 。由于交通运输项目与经济发展状况有紧密关系,所以取 $\beta_{\text{revenue}} = 1, PV(FC)/PV(EBIT) = 0.2$, 无风险利率取 $r_f = 6\%$, 风险溢价为 $r_m = 8\%$, 则折现率 $r_e = 15.6\%$ 。

表 1 计算结果分析

万元

第几年	运营与资金估计				估价							
	运输量	总收益	运营成本	EBIT	固定成本	折现因子	折现 EBIT	累计 DEBIT	NPV	ρ	RONPV	
1					13 500	0.865 1						
2					13 500	0.748 3						
3	20 000	3 650.0	1 080.0	2 570		0.647 3	1 663.6	1 663.6	-20 116.8			
4	22 000	4 015.0	1 123.2	2 891.8		0.560 0	1 619.3	3 283.0	-18 497.5	0.711		
5	24 200	4 416.5	1 168.1	3 248.4		0.484 4	1 573.5	4 856.5	-16 923.9	0.714	0	
6	26 620	4 858.2	1 214.9	3 643.3		0.419 0	1 526.7	6 383.2	-15 397.3	0.716	0	
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮		⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
22	76 817	14 019.1	2 275.4	11 744.0		0.041 2	483.9	22 210.6	430.1	0.735	2 455.8	
23	80 658	14 720.1	2 366.4	12 353.6		0.035 6	440.4	22 650.9	870.4	0.735	2 778.0	
24	84 691	15 456.1	2 461.1	12 995.0		0.030 8	440.7	23 051.5	1 271.1	0.735	3 122.4	
25	88 925	16 228.9	2 559.5	13 669.3		0.026 7	364.6	23 416.1	1 635.7	0.736	3 540.4	
26	93 372	17 040.3	2 661.9	14 378.4		0.023 1	331.7	23 747.9	1 967.4	0.736	3 920.9	
27	98 040	17 892.3	2 768.4	15 123.9		0.020 0	301.9	24 049.7	2 269.3	0.736	4 267.1	
28	102 942	18 786.9	2 879.1	15 907.8		0.017 3	274.7	24 324.4	2 543.9	0.736	4 582.2	
29	108 089	19 726.3	2 994.3	16 732.0		0.014 9	249.9	24 574.3	2 793.8	0.737	4 869.0	
30	113 494	20 712.6	3 114.0	17 598.6		0.012 9	227.4	24 801.7	3 021.2	0.737	5 129.9	

计算结果如表 1 所示,第 1 列代表年份也代表了假设的特许期年限,第 10 列 NPV 值代表使用传统 NPV 方法,相对应每个特许期年限时项目的净现

值,第 11 列代表了相对应每个特许期年限时计算得到的风险中性概率,第 12 列代表了相对应每个特许期年限计算得到的含有等待期权的项目价值。假设

项目投资公司的期望收益率,则可以从表1中看出传统NPV方法需要特许期为29年取得期望收益,而考虑的期权价值后,特许期为23年就可以取得期望收益。由此可见,政府和投资公司进行特许权谈判时,如果放松项目运营时间限制,实际上是赋予了项目公司等待期权,由此会带来对项目评估价值的提高,相应地应该缩短项目的特许期。本文的数值模拟并不真实代表谈判的最优特许期为23年,仅为证明考虑期权价值后对特许期的影响是相当大的(缩短了6年),实际上是扩大了特许期的下界,具体的数值还要视双方的谈判能力和其他条件而定。

四、结束语

特许期是BOT项目中特许专营合同中最重要一个内容之一,其大小直接影响到政府和投资企业的收益。现实情况中,项目的现金流是不确定的,而

且项目投资公司可以在获得了更多的信息和对经济情况有了更好的认识时再投资建设。只要在政府规定的运营年份内,可以随时选择投资或者继续等待,这种具有了等待期权的项目价值可以更好地反映项目公司在投资管理中的柔性,更好地把握项目收益的不确定性,因此也增加了对项目投资的评估价值。本文将这种期权价值的影响考虑到特许期决策模型中,并与不考虑期权价值的决策模型进行对比分析。结果表明,考虑了等待期权价值后,在保证同样投资收益率的情况下,最优特许期虽然短了,这无疑为政府与投资公司的谈判决策提供了帮助,因此具有一定的理论依据和现实意义。现实中,特许权合同还会包括一些其他担保条件,项目可能同时具有多种期权,其对BOT项目价值的影响,将是今后研究的重点。

参考文献:

- [1] 赵立力,谭德庆. 基于社会效益的BOT项目特许权期决策分析[J]. 管理工程学报, 2009, 23(2):125-129.
- [2] Tiong R L K. Comparative study of BOT projects [J]. Journal of Management and Engineering, 1990, 6(1): 107-120.
- [3] Michael J G, Charles Y J C. Valuation techniques for infrastructure investment decision[J]. Construction Management and Economics, 2003, 22: 373-383.
- [4] Shen LY, Li H, Li Q M. Alternative concession model for build operate transfer contract projects[J]. Journal of Construction Engineering and Management, 2002, 128(4):326-330.
- [5] 李启明,申立银. 基础设施BOT项目特许权期的决策模型[J]. 管理工程学报, 2000, 14(1):43-46.
- [6] 赵立力,谭德庆. BOT项目特许权期和投资规模决策分析[J]. 运筹与管理, 2007, 16(4): 39-49.
- [7] 高丽峰,戴大双,沈涛. 基于委托——代理理论的BOT项目特许期研究[J]. 科学学与科学技术管理, 2008(8):140-145.
- [8] Amram M, Kulatilaka N. Real options: managing strategic investment in an uncertain world[M]. Harvard Business School Press, Cambridge, MA., 1999.
- [9] Leviäkangas P, Laähesmaa J. Profitability evaluation of intelligent transport system investments[J]. Journal of Transportation Engineering, 2002, 128(3):276-286.
- [10] Ho S, Liang Y. An option pricing-based model for evaluating the financial viability of privatized infrastructure projects[J]. Construction Management and Economics, 2002, 20(2):143-56.
- [11] Ford D, Lander D, Voyer J. A real option approach to valuing strategic flexibility in uncertain construction projects[J]. Construction Management and Economics, 2002, 20(4):343-51.

The Research on the Concession Term Decision-Making Model for BOT Projects Based on Real Option

ZHAO Guo-jie, HE Tao

(School of Management, Tianjin University, Tianjin 300072)

Abstract: The determination of concession term is one of the main contents during the negotiation between the government and private investment group in BOT project. This paper considers the value of deferment option which embedded in the investment process of private investor in the one period Concession Term, establishes a concession term decision model including option value, and then applies this model into a transportation infrastructure project. Through comparing and analyzing with traditional Net Present Value method, the result shows that the project can acquire same expected return in shorter concession term when take the option value into consideration, and provides a decision basis for both sides during the concession term negotiation.

Key words: build-operation-transfer; concession term; real option; decision model

[责任编辑:孟青]