

doi:12.3969/j.issn.1672-0598.2012.05.009

取消高速公路收费创造多赢格局： 基于实物期权视角的解读*

许静林

(北京航空航天大学 可靠性与系统工程学院,北京 100191)

摘要:本文基于实物期权思想,运用布莱克—舒尔茨公式,以在建的巴南高速公路为例,评估了取消高速公路收费的合理性和收益性。本文的研究发现,实物期权理论很好地解释了取消高速公路收费的合理性。将组合期权的投融资方式运用到高速公路的建设当中,高速公路即便没有收费,也会有很大的利润空间,既保证了公路建设的资金,又能很好地服务经济发展,规避了现有高速公路以收费还贷款的弊端,可以实现多赢的格局。

关键词:高速公路收费;实物期权;无套利分析

中图分类号:F540.34 **文献标志码:**A **文章编号:**1672-0598(2012)05-0049-07

取消高速公路收费是社会关注的热点问题。但是取消高速公路收费是否合理,如果取消收费站,用什么钱创收还贷呢?盲目取缔高速公路收费是否会给财政增加负担,间接增加老百姓的赋税,会不会与人们想要的效果适得其反呢?

其实,我国早在20世纪90年代,就已经有取消高速公路收费的尝试。在1997年,受东南亚金融危机的影响,上海市政府取缔了南浦大桥和杨浦大桥的过桥费,由此带来了浦东地区的快速发展。学术界主要从期权的角度来解释这一决策的合理性,周洛华(2010)认为取消过桥费的投资策略是将传统的套利投资法(即预测未来车流量,乘以每辆车的过桥费用,得出了投资收益用以偿还贷款)改为期权投资法。Ford David等(2012)将实物期权引入大型工程项目,他们认为目前存在的项目不确定性分析和管理方法不能满足项目

要求,而实物期权可以通过管理弹性挖掘出高速公路的增长机会和风险降低的可能。他以一个收费道路为例,对实物期权方法评估管理弹性价值的功能进行了演示。Nicola Chiara和Michael J. Garvin等(2007)讨论了收入风险,他们认为来自政府的收入保证是离散型的实物期权,文中给出了一个有30年特许经营期的BOT公路案例,用澳大利亚式期权来减小收入风险,发现4年的收入保证就可以消除54%的收入风险,15年就能转移99%的收入风险,进而提出收入保证服务的市场发展对BOT市场的发展起到正积极的作用。王爱民和范小军(2004)将实物期权运用于基础设施项目中,提出了基于实物期权的基础设施项目经济性评价模型,考虑了项目价值的动态变化和项目建设成本的动态变化,计算了项目价值和项目建设成本的双变量项目期权价值,最后结合

* [收稿日期]2012-08-27

[作者简介]许静林(1991—),女;北京航空航天大学可靠性与系统工程学院学生,主要从事系统可靠性、金融工程研究。

NPV 评价方法对基础设施项目的经济性进行了评价。杨屹等(2007)针对传统方法未考虑项目灵活性价值和战略价值的缺陷,引入实物期权方法,分析了基础设施 BOT 项目所具有的实物期权特征,探索了实物期权在基础设施 BOT 项目投资时机选择中的应用。已有文献研究主要涉及三个方面:实物期权的工程应用价值(及在分支领域 BOT 的应用价值)、控制收入风险来促进投资市场以及实物期权在项目评估方面的应用。

一、期权及实物期权理论

(一) 期权

期权(option)是一种未来的选择权,是指购买方向卖方支付一定的费用(期权费)后获得的在将来某一特定时间点或某一段时间内按协定的价格购买或出售一定数量的某种标的资产的权利。期权与股票、债券和期货构成了金融市场上最基础的金融工具。期权主要分为买方期权和卖方期权,买方期权的思想是固定风险,使得收益无限大,付出一定的成本,得到无限的不确定性与可能性。卖方期权的思想是固定收益,风险无限大。许多由期权思想发展的衍生品也是基于这个思路。

期权最早是以金融工具的身份进行交易,随着 20 世纪美国新经济的兴起,期权逐步演变成一

种投资理念,俗称期权投资法。究其原因,主要是由于新崛起的高科技企业创造出许多新信息,而这些新信息在原有的金融市场上,按照原来的投资理念,无法得到合理的定价。随着期权思想的普及和期权定价方法逐渐成熟。从传统的项目定价法——净现值法到二叉树简单模型,从一步、二步以至多步二叉树模型演化到后来的布莱克—舒尔茨公式,带来了投资决策方法的革命。

(二) 实物期权

实物期权(Real Option)是以实物投资为标的资产的期权,是投资主体进行实物投资决策时拥有的,能根据决策时不确定因素的变化而改变投资行为的权利。具体表现为在经营、管理、投资等经济活动中使企业在将来具有活动空间和投资的可能性,并能根据变化的市场,以各种形式获得进行决策的权利,它是金融期权理论在实物投资领域的延伸发展与应用。实物期权理论的发展是建立在现代期权理论和方法不断成熟的基础之上的,很大程度受益于金融期权的发展。与金融期权最大的不同在于,实物期权的标的资产是实物资产(Real Assets)而非金融资产(Financial Assets),这些非金融资产往往具有不确定的投资结果。Trigeoris(2007)给出了实物期权与金融期权的对比,如表 1 所示。

表 1 金融期权与实物期权的对比

项目	金融期权	实物期权
标的物	金融商品	实物资产或投资计划
交易市场	集中市场或店头市场	无特定的市场
期限	固定的期限,一般为一年	持续到投资机会消失为止
标准契约	有	无
标的物的收益	红利	预期产生的现金流
当前的价格	股票当前的价格	投资方案预期产生的现值
执行价格	期权合约约定的价格	投资项目总成本
风险情况	股票价格的不确定性	投资项目价值的不确定性
流动性	通过交易实现	无

(三) 期权投资法的优势

大部分我们熟悉的现有投资模型和理念都可以归结为基于 NPV 模型的套利投资法。该方法

主要通过构造一个复杂的模型,然后利用这个模型去预测未来的现金流,把各种风险都考虑进去,并进行评估。在高速公路收费问题上,政府的做

法就是传统的套利投资法。即在修路之前,先用最佳的模型预测未来的车流量,得到不同车型的收费方式,并推出收费年限。同时,需要考虑高速公路所在地形可能引起的风险。

然而,再精密的模型也不能考虑周全所有的风险因素,并给出最合理的定价。如果投资主体采用套利投资法,那他们就会希望在模型之外的不确定性越少越好,否则结果就会与模型发生不小的偏离^①。

高速公路投资具有周期长、规模大、高风险和高收益等特点,而且具有一般大型项目所共有的不可逆性。其不确定性可以体现在准备阶段(地形勘测、路线设计、交通量预测等)、建设阶段(建设成本控制、完工风险控制等)以及运营阶段(通车流量的运营、运营成本的管理等),更值得一提的是,高速公路项目以阶段性投资为主,在整个生命周期内,投资人在每个阶段都可能面临选择。这样就使得传统投资法在高速公路的应用方面捉襟见肘,举步维艰。

但是,期权投资法却能很好地解决这个问题。期权投资法让投资人可以放心地争取有利的不确定性。期权项目未来的波动率越高,手中的期权就越有价值。另外,高速公路项目可以分解出几个关键的节点,需要在节点处做出选择,才能进行下一步的规划。在这种情况下也可以用期权投资法固定不确定性。无论是新信息还是新能力,只要能够降低不确定性的资产都是有价值的。

本文首次从期权投资的视角思考高速公路项目,并用B-S公式算出期权价值,以证实期权投资在高速公路项目上独有的优势,以期从全新的视角说明取消高速公路收费的合理性与收益性。

二、期权定价模型的建立

实物期权衍生于金融期权定价理论,但后者并不完全适用于实物期权。与金融期权相比较而言,实物期权具有不可交易性、非独占性和复合性。由于期权定价的基础是无套利原则,而实物期权具有非交易性,这种本质的区别似乎使标准

的金融期权的定价模型不能用于实物期权的定价。因此,学者们开始从实物期权出发,思考金融期权定价方法在实物期权中的适用性。Mason和Merton(1985)的研究指出,在与标准的DCF法相同的假设下,可以用推导标准的期权定价模型来建立实物期权的定价模型,换言之,尽管实物期权不存在交易市场,但其定价过程仍然可以按照金融期权定价的基本思路进行。之后的Dixit和Pindyck(1991)也提到,实物期权定价的理论模型同样建立在非套利均衡的基础上,其核心思想是“在确定投资机会的价值和最优投资策略时,投资者不应简单地使用主观的概率方法或效用函数,理性的投资者应寻求一种建立在市场基础之上的使项目价值最大化的方法”。所以,实物期权定价的关键是在资本市场上寻找一个与所要评价的实物资产或项目具有相同风险特征的可交易证券,称之为“孪生证券”(twins security),并用该证券与无风险证券组合,复制相应的实物期权的收益特征。这样,就可以按照金融期权定价模型的同样思路,利用“孪生证券”的有关资料作为实物资产价格及波动率信息的替代,首先建立起实物资产价格的随机游走模型,然后推导出实物期权价值运动所遵循的偏微分方程,最后求解得到实物期权的定价模型。

(一) 布莱克—舒尔茨模型(Black-Scholes model)介绍

布莱克—舒尔茨模型在两个方面推广了多重二叉树模型:首先,布莱克—舒尔茨模型认为,市场上的投资人对未来价格的预期符合正态分布;其次,布莱克—舒尔茨模型将股票价格波动纳入连续型的过程,而不像二叉树模型那样要求在离散型的区间内讨论问题。

该模型的核心就是设计一个套期组合策略,使得期权市场投资的风险为零,组合资产变成无风险资产,收益率和无风险资产收益率相等。最初创立的布莱克—舒尔茨模型是用来评估欧式期

^① 以安然公司的倒闭为例,虽然安然公司在能源交易中大量借助期权工具,但是他们的核心思想仍然是套利投资法:武断地确定某项资产的未来价格,然后围绕这个武断定价去组织头寸。某种程度上讲,安然的倒闭就是过度依赖套利投资法的恶果。

权的价值,而且标的资产是不受红利影响的股票。因此,在这个模型中,不会有提前执行的问题,也没有股票红利的影响。

此处以不分红的欧式期权为例进行解释^①,它的含义是:在一段约定的时间里,投资人有权以一个事先固定的价格购买一项资产,投资人不能在到期日之前实施这项权利,只能在到期日实施这项权利,且这一期间该资产没有分红。故本文以不分红的欧式期权构建高速公路期权模型,该期权的价值是:

$$C = SN(d_1) - \left(\frac{X}{e^{rt}}\right)N(d_2) \quad (1)$$

其中, d_1 和 d_2 分别为:

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S}{X}\right) + \left(r + \frac{1}{2}\sigma^2\right)t}{\sigma\sqrt{t}}$$

$$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{t} \quad (2)$$

(二) 期权中相关参数的确定

对于高速公路投资项目的布莱克—舒尔茨模型,影响其期权价值的主要因素有:标的资产的现值 S 、期权的执行价格 X 、资产价值的波动性 σ 、期权的到期时间 T 、无风险利率 rf 。各变量对应的含义如下:

1. 标的资产的现值

指首次启动项目、扩建项目或修建项目二期工程所能产生的预期现金流现值,可以通过传统投资方法获得(现金流)。当然,项目预期现金流和现值存在一定误差。

2. 期权的执行价格

当投资者决定投资某个项目时,投资成本就是期权的执行价格。这里假设投资成本保持不变,即与投资相关的任何不确定因素已经被反应到了项目现金流的现值中。

3. 波动率

资产价值的波动性反映在高速公路项目中,就是带动地价的上升以及城市圈建设的便捷、旅游增加的收入等的波动性。

4. 期权的到期时间

即从期权产生到期权作废时的时间间隔。在高速公路项目实施过程中,从第一期项目的开工日期到进行下一阶段投资的时间间隔就是期权的到期时间。从理论上而言,距离期权的到期日越长,期权的价值就越大。

5. 无风险利率

即货币持有者在无风险条件下所能够获得的回报。对于期权定价,可以选取与期权有效期相同的国债利率或者银行存款利率来近似替代。

接下来我们以四川省巴南高速公路为例进行分析。

(三) 实例分析

自2012年1月1日起,我国内地的第一条高速公路上海沪嘉高速停止收费,为我国高速公路逐步取消收费带了好头,同时显示了高速公路取消收费的“路线图”,即由老路向新建路逐渐过渡。因此,笔者以今年年底即将建成的一条新路——巴南高速公路为例进行实例分析。

2009年9月11日,四川省在巴中市开工建设巴中市至南充市南部县高速公路。巴南高速起于巴中市东兴场接广巴高速,止于南充市西充县李桥,接在建的广南高速,全长116公里。全线采用双向四车道高速公路标准,设计时速80公里。预计于2012年底通车,概算总投资80亿元。出资比例与资本结构如下:

政府将与其他企业等投资者一起,以货币方式出资组建项目公司,负责高速公路的投资、建设和维护。其中政府出资12亿,占到15%的公司股权,其他投资者占有85%股份^②。此外,由政府出资维护公路建设与检修,预计投入36亿元。

由于地处山区,容易发生泥石流和大洪水,同时有数条二级公路形成竞争之势,预计项目投入使用后的初期,带动周边经济利益的能力风险较大,盈利状况不容乐观,甚至有亏损的可能。从项

^① 布莱克—舒尔茨模型分为不分红的欧式期权与分红的美式期权,B-S公式最初就是以不分红欧式卖权为基础推导出来的。

^② 政府并没有公布具体的股东股权,此处笔者根据网上资料的平均数据给出合理假设。

目特征来看,此高速公路周边土地虽然比较荒僻,但是如果交给经验丰富的地产商来开发,制定适合的方针,则有很大的旅游开发价值与附加价值。同时我们可以发现此项目对房地产商的吸引力。因此,在该项目中,房地产公司与市政府之间有潜在的且较大的实物期权构建空间。

因此,作为投资本项目的补充收益,市政府有两种盈利选择:其一,同意将周边 20 000 多亩土地通过土地使用权转让或租赁的方式给投资方自行开发获益,租赁期为 60 年,计划用于建设高档别墅区或体育馆、高档公园或高尔夫球练习场。其二,政府回购项目公司其余 85% 股份,赚取全部土地出让金。对前者,政府可以在三年后以 30 亿将拥有的股份转让给房地产公司;对后者,政府可以在三年后以 40 亿元购买项目公司的其余股份。故房地产公司为政府退出项目公司的承接方,即放弃期权的卖方,项目公司为放弃期权的买方,退出方式为股权转让。上述过程可以用图 1 简要表示。

以政府的角度,投入为 $12 + 36 = 48$ 亿元,我们可以认为有关高速公路的买方期权和卖方期权的组合价值为 48 亿元人民币,我们将以此为依据,逆向推测出该公路期权的波动率。

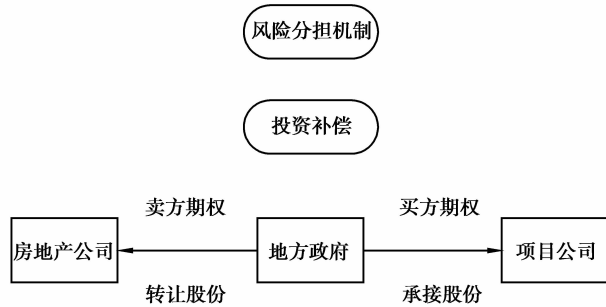


图 1 组合期权示意图

2012 年 2 月 8 日公布的数据显示,三年期无风险国债利率为 4.76%。我们对波动率未知,此时不妨假设一个 30% (之后会算出具体的值)。

买方期权的价值 C:政府有权在三年后,以 40 亿人民币购买市价 68 亿的股权,由 B-S 公式可以直接得到买方期权的价值。

表 2 买方期权价格计算表

数据输入		单位	
股票价格 =	68.00	亿	
执行价格 =	40.00	亿	
有效期 =	3.00	年	
无风险利率 =	4.76	%	
波动率 =	30.00	%	
得出结果			
买方期权价格 =	\$34.455		
卖方期权价格 =	\$1.132		
两个中间变量			
d1	1.555 82	N(d1)	0.940 125
d2	1.036 21	N(d2)	0.849 947

卖方期权价值 P:政府有权在三年后,以 30 亿人民币转让 15% 股权给房地产公司。

表3 卖方期权价格计算表

数据输入		单位	
股票价格 =	12.00	亿	
执行价格 =	30.00	亿	
有效期 =	3.00	年	
无风险利率 =	4.76	%	
波动率 =	30.00	%	
得出结果			
买方期权价格 =	\$0.269		
卖方期权价格 =	\$14.277		
两个中间变量			
d1	-1.228 78	N(d1)	0.109 578
d2	-1.748 39	N(d2)	0.040 198

但是,上述表2和表3中的波动率并不是真实的波动率,我们需要找到真实的波动率,使得 $C + P = 48$ 亿元。如果 $C + P > 48$ 亿元,公司会进行相关投资,如果 $C + P < 48$ 亿元,政府不会进行相关投资。通过检验发现,当波动率 $\sigma = 24.5\%$ 时,两项期权相加刚好等于48亿元。有了这个波动率之后,我们可以站在房地产商的角度再来看待这个问题。如果房地产商要投资十亿元买同样一块地,他不能马上获得开发权,不能将土地转换成资源,用于土地维护的费用每年可能就会有5000万元。现在我们将买土地作为一项期权来投资,假设这个期权的价格是10亿元人民币(用于开荒退林),支付了这笔钱之后获得了一项权力:当一年后政府运营不当时,可以以每亩5000元的价格,获得2万亩土地60年的完全开采权,而这片区土地的市价为每亩1万元。设同期无风险利率为4.76%,我们用布莱克—舒尔茨公式,利用之前算到的波动率,得出该一年期买方期权的价值1.148亿,大于闲置土地的5000万损失。因此,作为房地产商应该预先投资,购买期权。

综上所述,实物期权理论很好地解释了取消高速公路收费的合理性。取消高速公路收费可以

用建设高速公路的投资锁定风险,带动高速公路附近其他生产要素,尤其是土地的增值,保证高速公路未来收益的持续性和对投资的完全覆盖,可以带来多赢的格局。

三、结论

本文的结论显示,高速公路即便没有收费,只要将组合期权的投融资方式运用到高速公路的建设当中,就会有很大利润空间,既保证了公路建设的资金,又能很好地服务经济发展,规避现有高速公路以收费还贷款的弊端。在此我们给出以下几点建议和说明:

1. 虽然期权投资思想合情合理,然而,取消高速公路收费不能操之过急,需要时间的缓冲。可以先进行部分时段的取消,比如重大节日或者周末假期等,也可以在较发达地区先进行试点。

2. 对于收费站大量的工作人员,国家应该为他们的再就业做好充分的规划。

3. 很多高速公路的修建、维护等都是由有关路桥公司承建,政府需要协助路桥公司将相关股份通过的期权合约转让给符合规定的公司,运用市场调节机制逐步转化。当然,具体细节要做到公开透明,防治国有资产的流失和腐败。

4. 一些特殊地段的高速公路, 遇山凿洞遇水搭桥, 成本惊人。这些路段需特殊对待, 这些特殊路段收取适当的路桥费及获得中央的财政补贴是有必要的。

[参考文献]

- [1] 陆娅楠. 中国高速公路总里程达 8.5 万公里, 今年新增 1.1 万 [EB/OL]. 人民网, 2011-12-31.
- [2] 张歆. 主要国家高速公路收费情况中国: 全球最贵 [N]. 证券日报, 2011-7-16.
- [3] 郎咸平. 我们的生活为什么这么无奈 [R]. 2011.
- [4] 中国 18 个省市去年已取消政府还贷二级公路收费 [N]. 燕赵都市报, 2012-5-3.
- [5] 二级公路收费取消再等三年 [N]. 21 世纪经济报道, 2012-5-18.
- [6] 周洛华. 资产定价学 [M]. 上海: 上海财经大学出版社, 2010.
- [7] Ford David N, Lander Diane M, Voyer John J. A real options approach to valuing strategic flexibility in uncertain construction projects [J]. *Construction Management and Economics*. 2002, 20: 343-351.
- [8] Valuing Simple Multiple-Exercise Real Options in Infrastructure Projects [J]. *Journal of Infrastructure Systems*,

2007(13): 97-104.

- [9] 王爱民, 范小军. 基础项目融资中项目经济性评价的实物期权方法 [J]. *系统工程理论与实践*, 2004, 24(12): 19-23.
- [10] 杨屹, 郭明靓, 扈文秀. 基于实物期权的基础设施 BOT 项目投资决策研究 [J]. *科技管理研究*, 2007(7): 73-75.
- [11] Amram M, Kulatilaka N. *Real Options: Managing Strategic Investment in an Uncertain World* [M]. Harvard Business School Press, 1999.
- [12] Lenos Trigeorgis. 实物期权: 灵活机动的管理和资源配置战略 [M]. 林谦, 译. 北京: 清华大学出版社, 2007.
- [13] 周洛华. 金融工程学 [M]. 3 版. 上海: 上海财经大学出版社.
- [14] 陆坚. 实物期权在高速公路项目投资评价中的应用研究 [D]. 2006.
- [15] 茅宁. 项目评价的实物期权分析方法研究 [J]. *南京化工大学学报(哲学社会科学版)*, 2000(2).
- [16] 人民财评: 高速公路取消收费并非遥不可及 [EB/OL]. 人民网. 2012-8-3.

(责任编辑: 夏东, 朱德东)

An Evaluation on the Rationality and Profitability of the Cancelled Expressway Toll in China: an Analysis Based on Real Option Theory

XU Jing-lin

(School of Reliability and System Engineering, Beihang University, Beijing 100691, China)

Abstract: Based on the idea of real option, this paper uses B-S model to evaluate the rationality and profitability of canceled expressway toll by using the construction of Ba'nan expressway as an example, we find that the real option theory well explains the rationality of the cancelled highway toll, and even without toll, the combination option financing ways used in highway construction will bring about great profit margins, which ensures the highway construction funds and also does good to the economy, and which avoids returning the loan by the toll and also achieves a win-win situation.

Key words: expressway toll; real option; non arbitrage analysis