

模拟法在特许权项目投资回报分析中的运用

于国安,杨建基

(河海大学国际工商学院,江苏 南京 210098)

摘要:对基础设施特许权合约中的投资回报率概率分布进行数值模拟,提出了一种运用数值模拟法来研究特许权项目投资风险的方法,选择允许的资本回报率作为折现率来计算总的财务净现值NPV,通过对一定合约参数下特许权项目的NPV的数值模拟计算和统计分析,可以得到NPV的概率分布,NPV小于零的概率被用来描述投资回报风险.特许权人可以接受的NPV小于零的概率决定了特许权合约经济参数需要满足的条件,也决定了特许权合约应当选择的资本回报率水平.

关键词:特许权项目;风险分析;模拟分析;概率分布;财务净现值

中图分类号:F283

文献标识码:A

文章编号:1006-7647(2004)02-0036-03

目前,为解决大规模的基础设施建设中政府财政资金不足和经营管理效率不高的难题,我国基础设施领域正进行着投资体制的重大变革,发展基础设施项目特许经营,吸引私人资本投资、经营基础设施,可以减轻政府的财政压力,加快基础设施的建设.

1 特许权项目的投资回报率

1.1 特许权项目投资回报率的作用

在基础设施特许经营中,如何确定合理的投资回报率是政府和投资者特别关心的问题.如果特许权合约确定的投资回报率不合理,可能引发严重的社会经济问题.政府方会因为允许的回报率过高而遭到民众的反对和责难,带来政治损失;投资和运营方可能会因为允许的回报率过低,造成企业亏损,项目经营的持续性无法保证.

投资回报率是特许权合约谈判中的核心问题.特许权合约中的很多条款,如特许权期限、特许权费用或项目建设投资、产品价格水平、政府支持程度或财政补贴额度等的确定都需要根据允许的投资回报率来分析.

根据计算回报率时采用基数的不同,投资回报率分为资产回报率和资本回报率.资产回报率反映项目或企业全部经营资产的赢利能力,资本回报率反映项目或企业出资者的投资收益率.从理论上讲,资产回报率能够更好地反映经营者的能力和努力情况,高能力的经营者往往有更好的声誉,可以低成本融入债务资金.但是,在特许权项目中有政府的特许

权合约作为支持,分析资金成本的降低是经营者的能力或声誉的作用还是特许权项目的特殊性的作用,往往很困难.以资产回报率为基本指标,可能产生经营者因高比例债务融资获得高资本回报率的情况,而这种高收益可能是由特许权项目的条件产生的,因而,用资本回报率指标有一定的合理性.

1.2 特许权项目投资回报率的不同控制方式

文献[1]指出:在特许权项目中,政府通过特许权合约控制投资回报率的方式主要有两种,固定比率式和浮动比率式.所谓固定比率式,即固定投资回报率,是由政府部门根据事先预测,经过协商给予投资者一个固定的投资回报率.例如,印度政府对能源方面的BOT项目,保证给予16%的资本回报率.固定的投资回报率,可以降低投资者的经营风险,增加项目的吸引力,从而促使项目成功实施.但固定比率式无法激励企业努力降低成本、提高效率.所谓浮动比率式,即浮动式投资回报率,是指政府和投资者通过谈判协议,确定投资回报率的上限和下限,经营收入超过回报率上限的部分属于政府所有,经营收入低于回报率下限时由政府补贴,在回报率上下限范围内的经营收入为投资者所有.

如果特许权合约不采用固定资本回报率合约,那么对特许权项目进行投资分析时,项目未来的实际资本回报率是一个随机变量,有三个方面的不确定因素影响特许权项目的资本回报率,一是投资运营方的管理运营能力和实际付出的努力程度;二是政府政策对特许项目的影响,如产品价格政策、

税率水平等;三是政府和投资运营方都无法影响和控制的,如消费者需求变化、原材料和能源价格、技术进步、自然因素等。由于项目的股权资本投资者面临收益不确定的风险,资本回报率可能低于资本的机会收益率(也称为机会成本,是指资本投资于其它项目时可能获得的期望收益),因此,特许权合约设计和谈判时合约双方需要对特许权合约条件进行分析,保证投资者的收益风险小于一定的水平,否则,投资者将不愿参与投资。

从本质上讲,特许权合约的大量条款就在于调整资本回报率的均值和方差,进行项目投资风险的合理分配,使其达到合约双方、甚至特许权项目的其他参与者都满意的程度。

2 特许权项目投资回报率的模拟分析

进行特许权项目回报率的均值和方差分析需要使用模拟分析方法,得出回报率的概率分布,根据得到的概率分布情况调整特许权合约条款,直到得出的概率分布特性满足各方的要求。这样就将特许权合约设计和谈判过程建立在一个可以量化的数学模型基础上,有利于谈判双方明确目标,节省谈判时间。

2.1 财务净现值模型

项目总的财务净现值是评价投资项目经济可行性的一个重要指标,是进行项目投资决策的基本依据。项目总的财务净现值是按照确定的折现率对特许期内各年的净现金流量分别折现到期初的累加值,在数值上等于各年财务净现值的累加和:

$$NPV = NPV_1 + NPV_2 + NPV_3 + \dots + NPV_n = \sum_{k=1}^n NPV_k \quad (1)$$

式中: NPV 为项目总的财务净现值; n 为项目持续期限; NPV_k 为项目第 k 年的财务净现值 ($k = 1, 2, \dots, n$), 按式(2) 计算:

$$NPV_k = \frac{CF_k}{(1+r)^k} \quad (2)$$

其中: CF_k 为第 k 年的财务净现金流量(本文省略了净现金流量的计算模型); r 为采用的折现率。

2.2 总的财务净现值 NPV 的分布类型

受不确定因素的影响,项目各年的财务净现金流量 CF_k 为随机变量。该随机变量的分布可能有不同形式,如三角形分布、正态分布、 β 分布等等。由式(2) 可知,项目每年的财务净现值 NPV_k 也是随机变量,也服从相应的分布,只是均值和方差缩小一定比例。

任宏等^[2] 把各年的净现金流量视为相互独立的不同的随机变量,引用概率论中的中心极限定律得出:当 n 较大时, NPV 接近于正态分布。根据这个

结论,当特许权期限较长时,无论各年的净现值服从什么概率分布, NPV 近似服从正态分布。利用财务净现值的概率分布是正态分布的特性,可以很方便地使用有关方差计量的风险、保证率和置信水平等概念。

张国敏等^[3] 研究了使用数值模拟进行项目投资财务评价的方法,但是在模拟分析中直接随机生成项目的年净现金流量,而不是由产品价格、需求量、成本等基本变量来随机模拟生成各年的净现金流量;并且假设项目各年的净现金流量是相互独立的随机变量,因而 NPV 服从正态分布。肖林等^[4] 研究了特许权项目投资价值分析的数值模拟方法,也是通过直接随机生成项目的年净现金流量来获得 NPV 的概率分布。

但是,项目各年的净现金流量受产品价格、需求量、成本等基本变量的影响,当各年间基本变量具有相关性时,各年的净现金流量往往并非相互独立的随机变量,因而总的财务净现值往往不是正态分布。在特许权项目的投资分析中,需要通过对项目基本变量的预测分析,由随机生成的基本变量来生成各年的财务净现金流量,最后得到 NPV 的概率分布。当 NPV 不是正态分布时,采用方差来估计风险存在不能真实反映风险的情况,需要用 NPV 小于零的概率来估算风险。

2.3 数值模拟方法

数值模拟法是投资决策分析中最强有力的工具之一,尤其适用于不确定性条件下的投资决策分析。其中,蒙特卡罗(Monte-Carlo)模拟法使用较多,蒙特卡罗模拟法是利用随机数在随机变量中取值从而通过生成一系列的模拟结果来进行,每一次模拟给出了一个可能出现的模拟结果(NPV),通过对产生的多个 NPV 的统计分析,可以获得累计频数或频数直方图(频率曲线图),也可以获得 NPV 小于零的概率。分析的具体步骤如下:

第1步,确定基本变量的概率分布。这是分析中关键的一步,也是最困难的一步,面临的问题是为某一组子样数据选择一个合适的概率分布。

尽管正确估计变量的概率分布对模拟分析非常重要,但判断一个变量服从何种类型的概率分布形式,拟合一条理想的分布曲线存在一定的困难,已有的研究文献^[5,6] 指出,模拟的结果主要与确定概率分布的参数有关,分布曲线的影响相对于参数的正确估计是次要的,在参数不准确的情况下,复杂的分布曲线并不能改善模拟结果,并指出在复杂分布情况下,三角形分布可以提供符合分析目的的近似结果。

第2步,产生随机数。在确定各基本变量的概率

分布形式之后,需要从每一个分布中产生一个随机数,这项工作可以很容易地通过利用计算机中的随机数发生器和概率分布转换公式来实现.每一个随机数代表的就是该基本变量可能出现的现实值.

第3步,模拟计算预测变量.根据预测变量(如特许权项目的 NPV)与各个基本变量的内在函数关系或经济、财务评价计算方法,计算模拟的预测变量.

第4步,保存第3步预测值,再返回第2步.重复 N 次, N 可以为 50, 100, 200 次,最终得到对项目的 N 次模拟值.

第5步,将 N 次模拟的结果用累计频率曲线或直方图来表示,或统计 NPV 小于零的概率.

第6步,对不同的折现率重复以上步骤.绘出折现率与 NPV 小于零的概率之间的关系图.

2.4 折现率不同对 NPV 概率分布的影响

由式(1)和式(2)可以看出, NPV 与选用的折现率 r 有密切关系.如果 r 采用允许的资本回报率,那么,当计算出的 NPV 值为正数或零,表示该项目的资本回报率高于或等于 r ;如果计算出的值为负数,则表示该项目的资本回报率低于允许的资本回报率.

在特许权合约条件一定的情况下,通过多次模拟计算,可以得到 NPV 的概率分布,统计出 NPV 小于零的概率,它代表了特许权项目的资本回报率低于允许的资本回报率的概率,这个概率必须小于一定水平才能满足投资者的利益要求,当这个概率大于投资者可接受的水平时,必须对特许权合约条件进行修改,根据修改后的特许权合约条件对 NPV 的概率分布重新模拟计算.

3 模拟分析算例

3.1 算例项目情况

这是一个城市自来水管厂的 BOT 形式的特许权项目,特许期限为 15 a,包含建设期,建设期估计为 3 a,项目的设计生产能力为 75 万 t/d .贷款的年利率为 5%,还款期限为 8 a,贷款占总投资的 75%,每年等额还款,所得税率为 15%.

基本变量说明如下:需求量为项目运营各年自来水公司从该项目采购的净水量,本文采用实际需求占项目年生产能力的比例表示.根据对项目投产后的需求量预测,项目投产后第一年需求量的概率分布服从三角分布,可能出现的最小需求量为 0.3,可能出现的最大需求量为 0.7,最可能出现的需求量为 0.6.项目从运营第二年开始,需求量按不确定的比例增长,增长比例服从均匀分布,每年可能出现的最小增长比例为 0.01,可能出现的最大增长比

例为 0.05.根据投资估算,项目建设实际总投资服从三角分布,可能出现的最小投资额为 9.5 亿元,可能出现最大投资额为 10.5 亿元,最可能出现的投资额为 10.0 亿元.利润空间为特许权合约确定的各年的产品价格与实际出现的单位生产成本的差值,假设各年的利润空间服从相同的三角分布,可能出现的最小利润空间为 0.3 元/ t ,最大利润空间为 0.7 元/ t ,最可能的利润空间为 0.6 元/ t .由于基础设施项目建设的自然条件比较复杂,影响建设工期的不确定因素很多,如果实际建设期采用基于预计工期 3 a 的提前值表示,该提前值服从三角分布,可能出现的最小工期提前值为 -0.5 a,即工期延误 0.5 a,可能出现最大工期提前值为 0.8 a,表示工期可能提前 0.8 a,最可能出现的工期提前值为 0.6 a.

3.2 允许资本回报率为 9.5% 时的 NPV 分布

根据上面分析的特许权项目的基本条件和对项目投资及运营情况的估计,编制 MATLAB 计算程序,通过数值模拟计算,可以获得特许权项目各年的财务净现金流量(本文省略财务净现金流量计算过程的介绍),当取折现率为 0.095 时,按净现值模型的式(1)和式(2)进行折现计算,可以得到不同情况下的 NPV 值,对此进行统计分析,可以得出多变量综合影响的 NPV 概率分布,如图 1 所示.模拟计算表明,在上面分析的情况下,项目的 NPV 出现小于零的概率为 $P_b = 0.0744$.

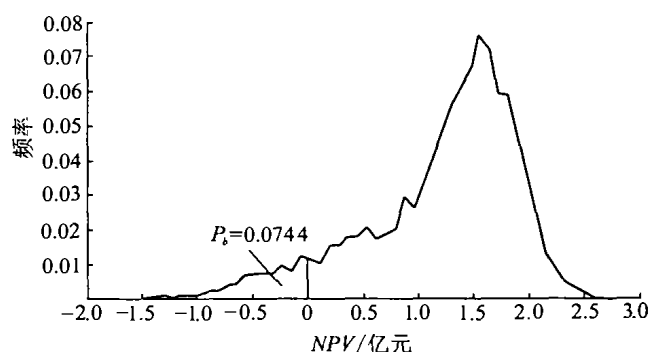


图 1 折现率为 0.095 时的 NPV 分布

3.3 折现率与 NPV 小于零的概率关系模拟分析

为了分析不同的资本回报率要求下的特许权项目的投资风险情况,可以对允许的资本回报率取不同的值,以此为折现率,通过数值模拟计算获得允许的资本回报率与 NPV 小于零的概率的相关关系.

根据前面的分析,可以认为 NPV 模拟计算中采用的折现率是要求实现的资本回报率,通过分析在该折现率下的 NPV 小于零的概率可以得知资本回报率低于要求的资本回报率的概率,从而得知风险大小.

(下转第 62 页)

于空化是微观、瞬时、随机、多相的复杂现象,到目前为止,有关空化的理论及不少研究成果还不能令人满意,许多问题还待进一步深入研究和探索。

参考文献:

- [1] 黄继汤.空化与空蚀的原理及应用[M].北京:清华大学出版社,1991.1~15.
- [2] 倪汉根.气核-空化-空蚀[M].成都:成都科技大学出版社,1993.12~44.
- [3] 高秋生.对液体空化机理的进一步探讨[J].河海大学学报(自然科学版),1999,27(5):63~67.
- [4] Oba R, Yasu S. Spatial cavitation-nuclei measurement by means of laser velocimeter[J]. Rep Inst High Speed Mech, 1978, 310(38):47~54.
- [5] 刘小兵,程良骏.空泡在任意流场中的运动研究[J].水动力学研究与进展,1994,9(2):150~162.
- [6] Keller A.空化现象及其模型试验预测的可靠性[J].水电站设计,1994,10(4):89~94.
- [7] 杨志明.初生空化的对比试验——中德合作研究项目[J].水动力学研究与进展,1994,7(2):96~103.
- [8] 夏维洪.液体抗拉强度与空化比尺效应[J].水动力学研究与进展,2001,16(3):366~373.
- [9] 夏维洪.水质对空化初生的影响[J].水利学报,1993(11):48~54.
- [10] 颜开.气核对空化的影响——法国的研究进展[J].船舶

- 力学,1998,2(2):70~75.
- [11] Nie Ment-Xi. Cavitation prevention with roughened surface[J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2001, 87(9):532~536.
- [12] 胡明龙.压力梯度区空化特性试验研究[J].水利水电科技进展,1996,16(4):36~40.
- [13] 袁新明,郑国华.脉动压力及压力梯度对不平整突体空化初生的影响[J].水动力学研究与进展,1990,5(1):47~52.
- [14] 胡明龙.紊动剪切流中气核振荡对空化的作用[J].水动力学研究与进展,1994,9(2):182~189.
- [15] 何国庚,罗军,黄素逸.空化初生的热力学影响研究[J].华中理工大学学报,1999,27(1):66~68.
- [16] 应崇福,安宇.声空化气泡内部的高温 and 高压分布[J].中国科学(Series A),2002,32(4):305~313.
- [17] McCormick B W. On cavitation produced by a vertex trailing from a lifting surface[J]. Basic Eng, 1962, 84(3):567~574.
- [18] 倪汉根.初生空化数比尺效应的修正[J].水利学报,1999(9):28~32.
- [19] 倪汉根.泄水工程水力学[M].长春:吉林科学技术出版社,2002.129~140.
- [20] 夏维洪.初生空化的模型数据应用到原型上的问题[J].水利水运科学研究,1993(4):371~379.
- [21] 任静.大型水力机组中空化现象的比尺效应[J].水利水电技术,1998,29(4):22~25.

(收稿日期:2003-09-10 编辑:熊水斌)

(上接第38页)

由图2可见,随着选用的折现率不同, NPV 小于零的概率会不断变化,随折现率增加, NPV 小于零的概率快速增加,在折现率为 0.20 时, NPV 小于零的概率接近 1,表明该项目实现资本回报率为 0.20 的可能性几乎为零.在选定的一组参数下,本文分析的特许权项目的资本回报率在 0.10 与 0.20 间,回报率小于 0.10 的概率不到 10%,低于 0.06 的概率更小.

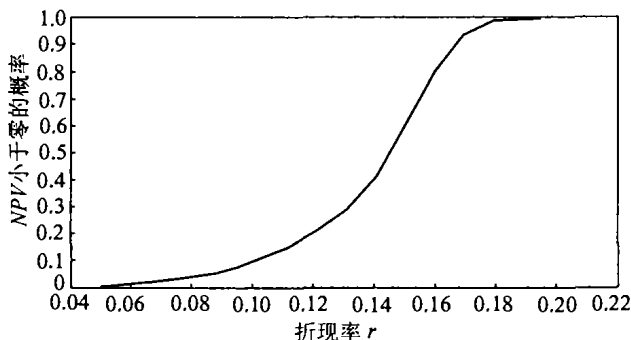


图2 折现率与 NPV 小于零的概率关系

4 结 语

实际进行特许权合约分析时,对于设定的允许的资本回报率,可以改变特许权合约的其它参数,如特许权期限、允许较高的债务比例,还可以改变产品价

格,甚至必要时由政府提供收益担保,比如当实际出现的需求量低于某个水平时,由政府的国营企业(自来水公司)弥补实际需求与担保水平间产生的收入差额.通过调整后的特许权合约条件,重新进行 NPV 概率分布的模拟分析,直到以投资回报率作为折现率时的 NPV 小于零的概率满足合约双方的要求为止.当政府准备采用浮动式回报率特许权合约时,政府也可以根据对回报率的风险分析来设定回报率的合理浮动范围,限定投资者的风险和超额收益.

参考文献:

- [1] 武志,韩枫.对 BOT 融资中投资回报率的分析[J].山东经济,1999,90(1):53~54.
- [2] 任宏,张国敏,竹隰生.风险分析在建设项目财务评价中的应用[J].重庆建筑大学学报,2000,22(2):20~24.
- [3] 张国敏,任宏,竹隰生.模拟法在建设项目财务评价中的运用[J].重庆建筑大学学报,2000,22(3):39~45.
- [4] 肖林,王海成,王方华,等.项目融资特许经营权价值风险[J].上海交通大学学报,2003,37(4):617~619.
- [5] (英)弗兰根.工程建设风险管理[M].李世容译.北京:中国建筑工业出版社,2000.50~55.
- [6] 扈文秀.用蒙特卡罗模拟法进行项目概率分析及微机实现[J].西安理工大学学报,1995(1):64~79.

(收稿日期:2003-12-16 编辑:熊水斌)