

文章编号: 1007- 2985(2008)03- 0112- 04

环境基础设施 BOT 项目实物期权模式决策^{*}

邹湘江, 王宗萍

(重庆工商大学, 重庆 400067)

摘要: 城市化水平的不断提高带动了城市环境基础设施需求的扩大, BOT 融资模式可以解决政府环境基础设施投入不足的状况. BOT 模式的不确定性加大了投资者决策的难度, 实物期权模型能较好地反映不确定性因素对环境基础设施 BOT 项目价值的影响, 有利于投资者做出决策. 通过识别城市环境基础设施 BOT 项目中的扩张期权, 应用 Black-Scholes 期权定价模型计算项目的期权价值, 借助具体的案例, 分析投资者的决策过程.

关键词: 环境基础设施; 实物期权; BOT 项目; 决策

中图分类号: F294; F224. 0

文献标识码: A

1 问题的提出

随着工业化进程步伐的加快, 经济发展动力逐步由农业向工业和服务业转移, 城市化水平不断提高, 截止 2006 年底, 中国城镇化率已经达到 43.9%. 城市基础设施是构成城市存在、支撑城市发展的“硬件”设施, 而城市环境基础设施是城市基础设施的重要组成部分, 是防治污染、改善城市环境质量的物质基础, 包括城镇污水处理、生活垃圾处理以及危险废弃物集中处理等. 近几年来, 各级政府逐步加强了环境基础设施的建设投资, 2005 年全国各地区城市环境基础设施建设投资达到 1 289.7 亿元. 但是, 这些投入仍难以完全满足经济发展和改善城市居民生活的需要, 2006 年全国城市生活污水集中处理率平均为 42.55%, 有 200 个城市生活污水集中处理率为 0. 造成这一现状的直接原因是有效投入不足, 即建设资金短缺, 而深究其根本则是城市环境基础设施投融资改革相对滞后造成的. 因此, 加快改革传统的投融资体制, 从而推动城市环境基础设施建设持续快速发展是当务之急.

BOT 融资方式即“建设-经营-移交”, 是一种私营机构参与基础设施的开发和经营的方式, 也是一种利用民营资本进行基础设施建设的的项目融资方式. 其实质是一种债权与股权相结合的产权形式. 具体做法是, 由有关单位组成股份形式的财团对项目的设计、咨询、供货和施工实行总承包, 项目竣工后, 在特许权规定的期限内进行经营, 用收费回收投资、偿还债务、赚取利润, 达到特许权期限后, 将项目无偿交给政府.^[1] BOT 融资方式不但改变了政府没有足够的财政资金进行城市环境基础设施建设的窘境, 而且吸引了大量外国资本和本国私人资本投入. 但城市环境基础设施 BOT 项目往往投资大、期限长、风险因素多, 投资者如何做出正确的决策成为该项目运作成功的关键. 由于城市环境基础设施投资 BOT 项目具有很大的不确定性, 导致该项目具有期权性质, 因此用实物期权评价方法比传统的 NPV 等方法更具有吸引力.

2 城市环境设施 BOT 项目的期权价值

实物期权是指存在于实物资产投资中, 且具有期权性质的权利. 换言之, 就是将期权的观念和方法应用于实物资产, 特别是应用于企业的资本预算评估及投资决策.^[2] 与传统的投资决策分析方法相比较, 实物期权的思想不是集中于对单一现金流的预测, 而是将分析集中在项目所具有的不确定性问题, 用概率的语言来描述项目未来现金流的概率分布状况. 实物期权隐含在投资项目中, 一个重要的问题是将其识别出来, 项目的不确定性越大, 期权的价值越大.

* 收稿日期: 2008- 01- 19

作者简介: 邹湘江(1984-), 男, 江西南昌人, 重庆工商大学助教, 主要从事财务管理研究.

2.1 城市环境基础设施 BOT 项目的不确定性分析

2.1.1 环境标准变化风险 环境标准变化风险是城市环境设施 BOT 项目中一种特有风险. 随着国民经济的迅速发展和人民生活水平的日益提高, 环境标准也日趋严格. 如 2002 年 12 月 14 日, 国家环境保护总局颁布了 GB 18918—2002《污水处理厂污染物排放标准》, 新标准提高了氨氮的排放标准, 从原来的 15 mg/L 降低到 8 mg/L, 还增加了总氮和粪大肠菌群数等基本控制项目. 这些环境标准变化必然加大污水处理难度, 增加专营公司的运营成本.

2.1.2 金融风险 由于环境基础设施 BOT 项目的投资大, 建设期较长, 因此金融风险是项目融资中最无法回避也是最需审慎对待的风险, 主要包括利率风险和外汇风险.^[3] 利率风险是指城市环境基础设施项目在经营过程中, 由于利率变动直接或间接地造成项目本身价值降低或收益的减少. 融资的利息占整个项目融资费用很大一部分. 项目投资者一旦出现付息有困难, 可能会造成项目竣工延误.

2.1.3 运营风险 运营风险是项目在生产运营阶段存在的技术、市场、政策和经营者管理等方面带来的风险. 如实际处理规模达不到设计要求, 导致收入减少引起的风险; 各种运行成本发生变化, 如物料价格、电力成本、人员工资福利等与设计的不一致, 使收回投资遇到风险; 收费政策可能发生变化, 收到的费用能否从政府及时划转, 都会使投资回收遇到风险; 对于大型市政环境设施运营缺乏经验, 管理不善, 造成实际运行成本、处理效果等达不到预期目标的风险.

2.2 城市环境基础设施 BOT 项目的期权价值识别

投资决策问题属于复杂系统的决策问题, 城市环境基础设施投资的各种风险导致 BOT 项目投资价值的不确定性, 从而给该项目带来期权价值.

环境基础设施项目投资即相当于买进一个看涨期权, 初始投资相当于期权费用. 在项目投资建成后, 若市场条件变得比较好, 则投资者通过扩张投资项目的规模, 可以取得比开始预期较好的投资收益; 若先期投资失败或项目发生不利于企业的变化, 则企业会放弃追加投资, 其最大损失是初始投资. 环境基础设施投资资金的投入都是分阶段进行的, 第一阶段的投入赋予了投资者进一步投入以得到该项目价值的权利. 该权利是一种选择权, 即扩张期权. 在 BOT 项目的投资决策过程中, 首先, 投资者可根据投资的不确定性, 估算项目价值的波动率, 按期权定价模型计算出该期权的价格, 再与第一阶段投入进行比较, 若期权的价格大于项目价值, 则投入第一阶段的资金, 并获得该项目含有的增长期权. 而后, 根据项目价值的变化决定是否投入第二阶段的资金(即执行期权), 若项目价值大于第二阶段的投入, 则执行该扩张期权, 否则推迟第二阶段的投入以等待获取新的更有利的信息.

3 城市环境基础设施 BOT 项目投资决策模型的建立

3.1 模型的假设

(1) 市场为完美市场, 市场中不存在交易成本及信息不对称. (2) 在项目存续期, 无风险利率是已知的, 并且保持不变. (3) 投资产生的现金流量遵循对数正态分布的随机过程. (4) 看涨期权只能在到期日执行.

3.2 Black-Scholse 期权定价模型

对环境基础设施 BOT 项目的投资决策主要取决于项目的价值, 从期权的角度分析该项目的价值通常包括 2 个部分, 即净现值和期权价值. 设项目的总价值为 P , 项目的净现值为 NPV , 扩张期权价值为 C , 即

$$P = NPV + C.$$

其中: $C = S_0 [N(d_1)] - X e^{-rt} [N(d_2)]$ ^[4]; $d_1 = \frac{\ln(S_0/X) + [r + (\sigma^2/2)]t}{\sigma\sqrt{t}}$, 或者 $d_1 = \frac{\ln(s_0/PV(x))}{\sigma\sqrt{t}} +$

$\frac{\sigma\sqrt{t}}{2}$, $d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{t}$. 而 S_0 表示项目的当前价值即标的资产的现值; X 表示项目期权的执行价格即投资成本; t 为投资项目期权到期时间; σ 为项目价值的波动率; r 为无风险收益率; $N(d)$ 表示标准正态分布中离差小于 d 的概率; $e = 2.7183$.

3.3 模型的相关参数确定

3.3.1 BOT 项目期权的执行价格 投资者决定对环境基础设施项目进行投资时, 项目期权即被执行, 那么

对此项目进行投资的成本就等于期权的执行价格。其基本假设是投资成本保持不变,任何与项目相关的不确定性都体现在与该项目相关的同样不稳定的现金流量的现值上。事实上,同一项目在不同时刻的投资额是会发生变化的,原因在于投入要素的成本会发生变化,同时技术变化也会导致成本发生变化。因而在实际运用时,可以用动态投资评估方法进行投资成本的估算。动态投资的估算主要包括涨价预备费的估算和建设期贷款利息的估算。

$$\text{涨价预备费估算额} = \sum_{t=1}^n I_t [(1+f)^t - 1]^{[5]}$$

其中: I_t 为建设期中第 t 年的投资计划额; f 为建设期价格预计上涨率; n 为建设期。建设期每年应计利息 = (年初借款本息 + $\frac{\text{本年借款支用额}}{2}$) \times 实际年利率。

3.3.2 无风险利率 一般来说,无风险利率是指投资者将资金投资于政府债券等类似于无风险等级的债券所获得的收益率,在期权定价时使用的无风险利率可以用短期国库券的利率来表示,而且它与期权的期限相对应。这里所说的国库券利率是指其市场利率,而不是票面利率,并且模型中的无风险利率是指按连续复利计算的利率,而不是常见的年复利。如果用 F 表示终值, P 表示现值, t 表示时间,那么

$$r = \frac{\ln(F/P)}{t}$$

3.3.3 项目的现值 项目的现值可以通过项目的交易价格或者对项目的期望现金流量进行折现来确定,使用这种方法的前提是预测每年的现金流量以及估计贴现率。一般的环境基础设施项目由于存在各种风险和不确定因素,对现金流量的估算和现值的确定都有困难。但这也正是要采用期权定价理论的原因。

$$S_0 = \sum_{t=1}^n (C_t - C_0)_t (1+i)^{-t}$$

其中 C_t 表示现金流入量, C_0 表示现金流出量, $(C_t - C_0)_t$ 表示第 t 年的净现金流入量, i 表示实际利率。

3.3.4 项目价值波动率 项目价值波动率是实物期权在项目评价中的一个重要解释变量,由于环境基础设施的不可交易性以及极少的可交易类似资产,实物期权的波动率往往不能直接得到,可以通过以下几种方法进行估算。

(1) 蒙特卡洛模拟方法。即对项目的现金流量进行模拟,在模拟时,并不一定要确切知道项目价值或产品价格的具体分布,可以通过选取随机数来模拟得出 1 组项目价值或产品价格,根据这组数就可以得出 1 个波动率,经过多次模拟后的结果趋于稳定,就可以作为项目价值或产品价格的波动率。

(2) 产品价格波动法。Graham Davis(1998) 得出项目价值波动率与产出物价格的波动率直接相关,即

$$\sigma = \sigma_s$$

(3) 专家估计法。由于上述波动率估算方法的局限性,在利用实物期权方法进行价值评估时,多采用的是经验数据。Dixit 和 Pindyck 推荐在实物期权中采用每年 15% ~ 25% 的波动率来进行计算。

3.3.5 期权到期时间 期权的到期时间可以简单地理解为当对投资项目的投入结束时,项目期权也就到期了。而期权的到期日可能是已知或未知的,当为已知到期时间时,必须区分到期期限是短期、长期或无期限。与金融期权相比,实物期权期限较长,因而决定合适的到期期限很困难。在环境基础设施 BOT 项目中,期权的期限一般在特许经营有效期限范围内。

4 案例分析

重庆市某工业园区污水处理厂 BOT 项目,计划建设总规模为 6 万 t/d ,一期建设规模为 4 万 t/d ,项目第 1 期 2006 年开始动工,预计将于 2007 年底建成投入使用,二期项目 2009 年底投入使用,建设规模为 2 万 t/d 。项目总投资约为 8 700 万元,一期总投资约为 6 000 万元。项目采用 BOT 模式,特许经营期为 20 a(不含建设期),投资方获取污水处理服务费收回其投资。项目采用了目前较为先进的奥贝尔氧化沟工艺,对工业废水中难降解有机物有很高的去除率。重庆市主城企业污水处理收费执行的标准是 1 元/ t 。重庆市另一污水处理厂采用相同的奥贝尔氧化沟工艺,运行成本为 0.21 元/ t ,单位经营成本为 0.38 元/ t 。

计算扩张期权价值的有关数据如下:

(1) 假设第2期项目的决策必须在2007年底决定, 即这是一项到期时间为 $2a$ 的期权, $t = 2$.

(2) 第2期项目的投资额为2700万, 若折算(以1.95%作为折现率)到2006年则为2596.59万. 它是期权的执行价格现值, $Xe^{-rt} = 2596.59$ 万元.

(3) 第2期项目建成后每年的现金净流量为 $2 \times 365 \times (1 - 0.59) = 299.3$ 万, 其现值总和为3148.69万元(2009年底的数额), 折算到2006年初为2456.77万元, 这是项目的价值, 即 $S_0 = 2456.77$ 万元.

(4) 根据专家估计法估计项目价值波动率 $\sigma = 20\%$.

(5) 无风险利率按一年期国债利率1.95%计算, 即 $r = 1.95\%$.

采用Black-Scholse期权定价模型, 计算结果如下:

$$d_1 = \frac{\ln(S_0/PV(x))}{\sigma\sqrt{t}} + \frac{\sigma\sqrt{t}}{2} = -0.0544, d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{t} = -0.3373,$$

$$N(d_1) = 0.4891, N(d_2) = 0.3685,$$

$$C = S_0[N(d_1)] - Xe^{-rt}[N(d_2)] = 244.76.$$

第1期项目不考虑期权价值的经营现金流量现值5879.48万元, 投资成本为6000万元, 净现值NPV为-120.52万元, 则项目总价值 $P = NPV + C = -120.52 + 244.76 = 124.24$.

第1期项目不考虑期权的价值是-120.52万元, 它可以看作是取得第2期项目开发选择权的成本. 投资第1期项目使得投资者有了是否开发第2期项目的扩张期权, 该扩张期权的价值是244.76万元. 考虑期权的第1期项目净现值为124.24万元, 因此投资第1期项目是有利的.

5 结语

城市环境基础设施投融资体制改革的不断深入, 促进了环境基础设施投资的快速增长. 但是, 在城市环境基础设施领域中有诸多不确定因素的存在, 传统投资的项目价值确定方法已不能满足新的投融资模式的需要. 将实物期权理论和方法应用于城市环境基础设施BOT项目, 弥补了传统投资决策方法的不足, 为投资者提供了一种新的决策思路. 诚然, 并不是所有的城市环境基础设施项目都存在值得重视的期权, 并且实物期权模型中各个参数的确定需要不断改进, 同时, 在文中没有探讨多种期权对决策模型的影响, 这些有待进一步深入研究.

参考文献:

- [1] 侍玉成, 万法菊. 城市供水BOT项目特许权期决策的博弈分析[J]. 南京工程学院学报, 2006, 4(2): 28-33.
- [2] 肖智, 邹刚. 基于实物期权的电网扩改建项目的分阶段投资决策研究[J]. 科技管理研究, 2007(4): 189-190.
- [3] 孙杰. 城市基础设施项目融资风险识别与防范策略[J]. 工程建设与设计, 2006(11): 100-102.
- [4] 杨春鹏. 实物期权及其应用[M]. 上海: 复旦大学出版社, 2003.
- [5] 林晓言, 陈有孝. 基础设施投资效果定量评价[M]. 北京: 清华大学出版社, 2006.

Decision-Making Model of Investment Based on Real Options for Urban Environmental Infrastructure BOT Project

ZOU Xiang-jiang, WANG Zong-ping

(Chongqing Technology and Business University, Chongqing 400067, China)

Abstract: The level of urbanization has continuously improved, which expands the need of the urban environment infrastructure. The BOT model can change the situation of insufficient investment of environmental infrastructure from the government. The BOT model uncertainty increases the difficulty of the decision-making of investors. Real option model can better reflect the influence of uncertainties to environmental infrastructure value of BOT projects, which is conducive to investors to make a decision. The paper identifies urban environmental infrastructure expansion options and applies Black-Scholse Option Pricing Model to calculate the options value of the BOT project. Through specific cases, the paper analyzes the decision-making process of investors.

Key words: environment infrastructure; real option; BOT project; decision-making

(责任编辑 向阳洁)