

文章编号:1002-980X(2007)12-0074-04

实物期权在 BOT 水电项目投资中的应用

刘 巍¹, 张雪平²

(武汉大学 经济与管理学院, 武汉 430072)

摘要: BOT 融资是近年我国水电项目建设中的一个实用有效的方式,取得了很大的发展。但是,由于水电项目投资大、工期长、不确定性因素多,而利用 BOT 方式融资时,对项目的评价还是以传统的评价方法为主。这样就加大了项目的风险,造成投资者的损失。本文针对这些问题,介绍了实物期权理论,并将之引入对 BOT 水电项目的评价中。

关键词: 实物期权; BOT; 水电建设项目

中图分类号: F407.61 **文献标志码:** A

近年来为了解决我国经济发展中电力不足的问题,在一些水电项目中采用了 BOT 投资方式进行建设,特别是在一些中小水电项目的建设取得了突破和成功。目前,在以 BOT 方式建设中小型水电站的项目决策中,主要还是局限于折现现金流量(DFC)一类的财务方法中,DFC 方法主要包括净现值法(NPV)、内部收益率法(IRR)和投资回收期等,其中 NPV 是最经典和应用最广泛的方法。但是这种传统的投资决策方法存在着明显的缺陷和不足,一是方法本身所隐含“基本假设^[1]”的局限性,二是其在应用过程中有一些无法克服的障碍。DFC 的“基本假设”是:能够精确估计项目在寿命周期内所产生的净现金流量,并且能够确定相应的风险调节率;项目价值以项目所预期产生的各现金流大小为基础,按给定的贴现率进行计算,不存在其它关联效应;在项目整个生命周期内,投资的内部环境不会发生预期以外的变化;决策者只能采取刚性的策略,即要么立即采纳该项目,然后按照既定的规划实施,直至项目寿命周期的结束;要么放弃该项目,今后不再考虑;在投资项目的分析、决策及其实施过程中,企业决策者只能被动的观察投资环境的变化,而不能采取相应的对策。

针对 DFC 方法所存在的这些缺陷,经济学家提出了一种比较独特和科学的实物期权法。

收稿日期:2007-07-30

作者简介: 刘巍(1983-),男,湖北天门人,武汉大学经济与管理学院管理科学与工程系,硕士研究生,主要从事项目管理与投融资方向的研究;张雪平(1954-),男,湖北汉川人,武汉大学经济与管理学院管理科学与工程系副教授,硕士生导师,主要从事项目管理与技术经济方面的研究。

由于 DFC 方法最大的缺点在于不能为管理灵活性和不确定性定价,而实物期权恰好能够反映决策灵活性和不确定性的价值,因而被引入到投资项目的决策分析之中。

1 实物期权方法的介绍

期权就是在投资者付出一定的代价后获得在一定时间或在某时间之前的任一时刻按规定的价格买入或卖出一定数量某种资产的一种权利。期权是一种“或有决策”的权力,而不是义务,它允许期权所有者根据市场条件的变化而采取不同的行动。在决策时刻,假如情况比预期要好或估计会向好的方向发展,就应该执行期权,否则就放弃期权。即使放弃行使期权,投资者所受到的损失相对于一开始就做出投资决策而言也是非常小的。可见,作为规避风险并可从中获利的一种金融工具,期权特别适合不确定性因素较多的市场环境。期权为人们应对市场风险提供了能动性和灵活性。在期权定价的研究中,最著名的是由美国经济学家 Black 和 Scholes 所提出的“B-S 期权定价模型^[2]”,其表达式为:

$$P = SN(d_1) - Ke^{-r_f T} N(d_2)$$

其中: P - 买入期权价值; S - 当前股票价格; K - 施权价; T - 是距到期日时间长度; e - 自然对数的底 $e = 2.7183 \dots$; r_f - 年无风险利率

$N(d_1)$, $N(d_2)$ 是参数标准正态分布的概率, 即

$$N(d_1) = \int_{-\infty}^{d_1} f(z) dz$$
$$d_1 = \frac{\ln(S/K) + (r_f + 0.5\sigma^2)T}{\sigma\sqrt{T}} \quad d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T}$$

其中 σ 是股票收益的标准差

实物期权(real option)的概念是由美国麻省理工学院的经济学家 Stewart Myers 提出来的,是金融期权在实物领域的拓展和应用。实物期权的核心思想理念就是:投资项目的价值不仅来自项目预测的现金流量,还来自于项目的成长机会。与传统的现金流量评价法相比,实物期权消除了人为主观的预测,充分考虑了投资过程中的不确定性和灵活性,而且不确定性越大投资价值越大。用实物期权的方法对投资项目进行评价,投资项目的价值可以化成两个部分;一部分是不考虑项目期权价值的价值,这正是传统投资决策方法中的净现值 NPV;另一部分是投资项目的期权价值 P,因此,引入实物期权理论以后,投资项目的价值可用扩展净现值^[5] ENPV 表示为: $ENPV = NPV + P$

实物期权是动态的战略决策过程,适用于对投资量大、周期长、阶段性强、波动性大的项目进行评价。也就是说,项目价值不只是由当前现金流决定的,而主要是由未来变化决定的。不确定性足够大的项目、存在或有投资决策的项目以及需要战略修正的项目一般都可以采用实物期权法进行评价。实物期权与金融期权相对应的输入变量如表 1 所示^[2]。

表 1 输入变量表

金融期权	参数	实物期权
股票现行价格	S	项目现金流收益现值
期权的执行价格	K	项目的投资额
期权的有效期限	T	项目投资机会持续时间
股票波动率	σ^2	项目市场价值的波动率
无风险利率	r_f	无风险利率

2 BOT 建设水电项目中的实物期权特性

从实物期权的角度来看 BOT 水电建设项目的投资决策,具有三大重要特征: 不能撤销性或是不可逆性; 不确定性; 对投资的选择性。

首先,水电投资中投资的初始投资是沉没成本,

是不可逆的。即使改变原始的投资决策,如果不能达到预期的运营目标,也不能回收投资的初始成本。这主要是由水电行业所特有的专用性所至。因为水电项目的主要功能是发电和输送电力,而不能有其它的用途。所以,当水电项目的发电潜力不足或电价过低而不能弥补成本时,水电资产的出售或转让的难度是非常大的。这就导致了水电项目投资的不可逆性。

其次,BOT 水电项目投资的未来回报是不确定的。在竞争性的电力市场环境下,未来投入成本的大小、电价的变动、银行利率升降、所发的电入网难易程度等因素都使得对水电项目投资的未来回报是不确定的。在项目决策初期,是不能精确的预计这些不确定因素的,因而投资回报也是不精确的,在进行投资决策时必须严格考虑项目的灵活性。在实物期权中,这种不确定性是很重要的。一般而言,投资的不确定性越大,实物期权的价值就越大。

最后,投资的时机是可以选择的。对于 BOT 水电投资决策,可以在投资时期、特许经营期、移交期限和方式等方面进行选择。也可以根据项目过程中的实际情况在这些时期内就项目后续的投资进行重新的决策。这就相当于决策者持有看涨投资的期权,投资者所拥有的自由度越大,项目选择的价值就越大。

BOT 水电投资的这些特征及其相互之间的作用,构成了实物期权在水电建设项目中应用的基础。水电项目在利用 BOT 方式融资时,投资者通过阶段性的投资,在初期通过较小的投资获得在以后各阶段扩大或缩小投资的权力,进一步确定最佳的退出时机与方式。这就意味着从实物期权的角度看,BOT 水电建设项目的价值由未来增长期权的可能性带来,而不是由当前现金流决定的,并且项目在实施过程中要能根据环境等不确定性因素的变化进行修正和调整项目的经营发展策略。这样,用实物期权在 BOT 水电项目中进行决策就能使投资者在项目顺利进行时获得最大的收益,同时在项目出现不利时可以使投资者的损失降到最小。

3 实物期权模型在 BOT 水电项目中的应用

3.1 BOT 水电项目中隐含实物期权的类型

一般地,当投资者选择投资项目时,投资者所具有的实物期权来自三个方面:投资项目自身的特点、投资者所具有的可变柔性经营策略、投资者自己所

创造的合约特性。根据实物期权的类型和 BOT 水电项目的特点,可以将 BOT 水电项目所隐含的实物期权分为以下几类^[3]:

1) 延迟/学习期权:对于 BOT 水电建设项目而言,电价的增长或下降、输电上网的难易程度是影响项目成败的重要因素。虽然历史数据可以对用电量的需求做出一定的预测,但是实际上,伴随着当地整体电力经济发展速度的变化,电价也会发生不同的变化,因此,决策者可以在对未来电价有了一定的了解以后或者对政府的政策等条件满足后决定进行投资建设。否则,该项目将被放弃,以避免更大的经济损失。这就是所谓的延迟投资期权。

2) 增长期权:增长期权是企业通过对项目预先投资作为先决条件,以获得在未来一定阶段或期限进一步投资获利的权力。对 BOT 水电建设项目而言,它正是要通过各种融资方式对水电项目进行投资建设,从而获得未来对该水电项目进行经营或增大投资规模的权力。

3) 放弃期权:放弃期权是指企业管理者在现金流量不如人意时提前结束项目的一种灵活期权。在 BOT 水电项目投资中,投资者可以分阶段的进行投资。在每一阶段投资时都可以获得以后阶段投资与否的决定权。如果在项目进行中出现较大的不利因素使项目没有令人满意的盈利前景,投资者可以决定停止投资,进而就可以使投资者的损失达到最小。这种投资者所拥有的停止投资、退出项目的权力就是放弃期权。

3.2 BOT 水电投资中实物期权参数的确定

利用实物期权进行 BOT 水电投资决策时,要用期权定价模型对其进行定量的分析,所以确定 BOT 水电投资中实物期权参数是关键步骤。BOT 水电项目对应于 B-S 期权定价模型中的参数为:

1) 标的资产的价值(S) - BOT 水电项目现金收益现值:在 BOT 的水电投资中,项目价值是实物期权模型中影响其价值的重要因素。它是指项目预计在未来运营期内能带来的净现金流量,相当于金融期权中标的股票现行价格。在确定项目价值时,可以参考类似规模的水电项目,用比较分析的方法确定。

2) 期权的执行价格(K) - BOT 水电项目的投资成本:在 BOT 的水电项目中,投资成本一般包括股本金和融资额,属于已知投资成本。从项目的资产对期权价值的影响分析中可以看出,投资成本越

高,增长期权的价值就越小。

3) 期权的期限(T) - BOT 水电项目的特许期限 T:利用 BOT 方式进行水电项目投资时,特许权期限是政府与项目公司合同中协议商定的。对于实物期权而言,特许期限越长,实物期权的价值越大。

4) 标的资产的波动率(σ^2) - BOT 水电项目收益的波动率:因为水电建设和营运的期限都较长,不确定的因素很多,都会对水电项目的收益产生影响。项目收益的波动率是不可直接观测到的,一般可以用类似项目的收益率进行估计。

5) 无风险利率(r_f) - 市场无风险收益率:在实际项目投资中,无风险收益率一般采用短期国债利率。当无风险利率上升时,一般期权的价值也是增加的。

由于不同的投资项目都有自身独特的特点和性质,而且实际中的情况也是比较复杂的,所以在利用期权定价模型给实物期权进行定价、决策时,要充分考虑到 BOT 水电项目的实际特点,对这些实物期权中的参数作相应的调整。

3.3 实例分析

假设西部一个小水电项目采用 BOT 融资方式进行建设,此小水电项目的装机容量为 1 000 千瓦,初始投资为 400 万元,特许经营权为 15 年。据估计,建成上网后,如果每年平均发电 5 000 小时,每千瓦时按 1 角 8 分计算,去除 30 万元成本,每年利润为 60 万元。

按照传统的现金流量评价方法,取无风险利率为 6%,此水电项目的收益净现值为:

$$NPV = \sum_{i=1}^{15} \frac{CF_i}{(1+r)^i} - I_0 = 60 \times \frac{(1+0.06)^{15} - 1}{0.06 \times (1+0.06)^{15}} - 400 = 582.73 - 400 = 182.73$$

从上式可知,此水电项目的净现值大于 0,根据净现值理论可以进行投资。但是从管理者的角度看,对项目进行投资应该尽量在最短的时间内取得最大的收益。而对这个水电项目进行投资,在 15 年的经营期内才获得如此低的收益,实际的盈利情况是很不理想的,投资者可能会放弃此小水电项目的投资。但我们知道,净现值理论是基于预计现金流的基础上的,没有考虑经营期内的一些不确定性因素,下面用实物期权方法对此项目进行分析。

将实物期权思想引入到该水电建设项目中,这个投资的机会相应的参数确定为:到期期限为 $T = 15$ 年;执行价格为总的投资额 400 万元,即 $K = 400$;标的资产的价值为 $S = 582.73$ 万元;假定市场

波动率为 $\sigma^2 = 16\%$; 取无风险利率为 $r_f = 6\%$ 。将这些参数带入 B - S 期权定价公式中计算得:

$$d_1 = \frac{\ln(S/K) + (r_f + 0.5\sigma^2)T}{\sigma\sqrt{T}} = \frac{\ln(582.73/400) + (0.06 + 0.5 \times 0.16) \times 15}{0.4\sqrt{15}} = 1.60$$

$$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T} = 1.60 - 0.4\sqrt{15} = 0.051$$

查标准分布表得: $N(d_1) = N(1.60) = 0.95$; $N(d_2) = N(0.051) = 0.52$

项目的价值为: $P = SN(d_1 - Ke^{-r_f T}N(d_2)) = 582.73 \times 0.95 - 400 \times 0.52 = 345.60$

则该水电项目的投资的潜在价值即扩展净现值为: $ENPV = NPV + P = 182.73 + 345.60 = 528.33$ (万元)。所以,用实物期权方法对该水电项目进行评价,则投资者所能获得的潜在收益是相当可观的,投资者会选择对该项目进行投资。

4 结语

我国水电资源潜力巨大,利用 BOT 融资方式进行水电项目的建设是解决经济发展的过程中电力紧张问题的有效方法。特别是近年来在小水电项目的建设利用 BOT 方式很好的引入了民营资本,一方面有利于解决水电建设资金不足的问题,另一

方面也提高了民间资本的利用效率。但是在传统的现金流理论下的项目评价方法缺少灵活性,使一些水电项目得不到适当的评价。特别是一些小水电的项目由于规模较小,在传统的评价方法下似乎缺少吸引力。实物期权方法很好的考虑到了 BOT 水电项目建设、营运过程中的不确定性,用灵活性的方法对项目进行评价,充分发掘出了项目投资的潜在价值。因此,在利用 BOT 融资方式进行水电项目建设的工程中,引入实物期权的理论与方法对项目进行充分合理的评价对我国水电项目的建设和经济发展都是有极其重大意义的。

参考文献

- [1]李平.基于实物期权理论内资 BOT 公路项目投资决策研究[D].延安:延安大学,2004.
- [2]曹凤岐,刘力,姚长辉.证券投资学[M].北京:北京大学出版社,2000.
- [3]杨春鹏.实物期权及其应用[M].上海:复旦大学出版社,2006.
- [4]郁洪良.金融期权与实物期权-比较与应用[M].上海:上海财经大学出版社,2003.
- [5]倪迎春,杨炯.实物期权在电力项目投资评估中的应用[J].华北电力大学学报,2004(2):35-37.
- [6]吉兴全,文福拴.发电投资的实物期权决策方法[J].电力系统自动化,2005(11):1-5.
- [7]舒欢,余东良.以 BOT 方式建设中小型水电站[J].水利科技与经济,2005(4):243-245.

The Application of Real Option in Hydropower Investment Project by BOT Mode

LIU Wei, ZHANG Xue-ping

(School of Economics and Management, Wuhan University, Wuhan 430072, China)

Abstract: In recent years, the BOT finance mode has been a useful way for hydropower construction project and has been greatly developed in our country. Because of some traits in hydropower project, such as huge investment, long term of construction and many uncertain aspects, but we still use the traditional economic evaluation progress in hydropower construction project. Then it would increase the risk of project and would make the investor lose. To these questions, this paper introduces the theory of real option to BOT finance mode in the evaluation of hydropower construction project.

Key words: real-option; BOT; hydropower construction project

(上接第 4 页)

Regional Differentials in China's Entrepreneurs' Venturing Environment

CHEN Wen-fu

(Wuhan University, Wuhan 430072; Anhui University, Hefei 230039, China)

Abstract: The paper positively analyzes regional differentials in China's entrepreneurs' venturing environment using recent questionnaire data and finds that comparing to the East, the Central and West have many significant differentials; and there are many similarities between the Central and the West; the efficiency of the local government has a significant effect on entrepreneurs' venturing among the factors of entrepreneurs' venturing environment; and capital environment of the Central and West greatly discourages from entrepreneurs' venturing. These discoveries can contribute to understand how to improve entrepreneurs' venturing environment in the Central and West, in order to foster, not to restrict entrepreneurship.

Key words: entrepreneur; venturing environment; regional differentials