

基于 Black-Scholes 实物期权定价模型的 发电商投资决策分析

袁德, 李宜君, 董全学, 刘玮

(华北电力大学工商管理学院, 北京 102206)

摘要: 从电源投资建设项目的特点出发, 结合电源建设投资的期权特性, 得出了与 Black-Scholes 期权定价模型相对应的电源建设投资实物期权内容。通过建立基于 Black-Scholes 实物期权定价模型, 并将其运用到电源建设投资决策中, 避免了传统的电源投资决策方法依赖项目净现值等缺点。通过算例对电源建设投资项目的期权进行了估价, 表明将实物期权理论应用到电源建设投资决策中是可行的。

关键词: 发电商; Black-Scholes 期权定价模型; 实物期权; 投资决策

The generation investment decision based on the Black-Scholes real option pricing model

YUAN De, LI Yi-jun, DONG Quan-xue, LIU Wei

(Department of Business Administration, North China Electric Power University, Beijing 102206, China)

Abstract: This paper concludes that the real option model for generation investments is corresponding to the Black-Scholes option pricing model considering into the characters of generation projects and option properties in the competitive environments. Then, it sets up the Black-Scholes real option pricing model and puts it into the decision-making of the generation projects, which can avoid the disadvantage that the decision-making of traditional generation projects depending on the net present value. Then, based on the well-developed option pricing theory, a delayed option model of generation investment is developed, it shows that it is feasible to apply real option theory into generation projects.

This project is supported by National Natural Science Foundation of China(No.70671041,70771039).

Key words: power corporation; Black-Scholes option pricing model; real option; investment decision

中图分类号: TM71 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2008)12-0017-04

0 引言

随着我国电力市场化改革的进展, 发电投资决策也正面临着更多的不确定性影响因素, 做好发电投资的风险分析与决策, 对电源项目的顺利进行, 对提高投资效益有着重要的意义。

一般说来, 传统的发电投资决策方法^[1]主要有二类, 一类是考虑资金时间价值的贴现现金流量法, 另一类是考虑风险程度的不确定性分析法^[2]。但传统经济评价法存在只是对电源建设投资项目进行“静态”评价, 不能体现选择权的价值等弊端。

在现在的经济学领域, 对于不确定性环境下的

投资问题, 已经进行了相当广泛的研究, 如实物期权理论^[3]已经在电力及其他工业领域的投资决策分析中得到应用^[4]。1977年 Myers 教授首次提出了实物期权的概念, 它是一种以期权概念定义的实物资产投资过程。此后, Lueheman 强调对投资项目的评价实际上是在评价投资机会, 他认为实物期权方法更适合于评价投资机会^[5]。Myers 和 Ross 指出: 风险项目潜在的投资机会可视为另一种期权形式—实物期权^[6]。Amram 和 Kulatilada 指出, 实物期权是项目投资者在投资过程中所用的一系列非金融性选择权^[7]。

实物期权的求解主要是利用一些现有的金融期权评价模型和方法成果。其中, Black-Scholes 评价模型是解析模型或公式解析的典型代表。本文

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(70671041, 70771039)

以期权定价的 Black-Scholes 模型为基础分析了基于实物期权和传统的净现值方法在评价发电商投资的不同点,并通过算例具体计算了基于实物期权理论的发电商投资建设项目的价值。

1 发电投资的期权特性

作为规避风险并可从中获利的一种金融工具,期权特别适合于不确定性因素较多的市场环境。电源建设所独有的特点使它具有十分明显的实物期权特性^[8],从实物期权的角度来考虑,电源建设项目的投资决策主要具有以下特征:

(1) 发电投资的时机是可以选择的。投资者在投资时机上有一定的回旋余地。投资者可以推迟行动以获得有关未来的更多信息,等待是有价值的。例如对于发电投资项目来说,投资者可以根据电力需求状况、市场竞争环境等因素选择扩建与否。通常,投资者选择的自由度越高,投资选择的价值就越大。

(2) 发电投资不可逆,电源建设项目替代性差。电源建设项目投资是在一定时期内对特定领域、特定地点形成的金额较高的固定资产。这些项目一旦实施,将形成沉淀资本,无法收回。投资的不可逆性主要是由于电力资产的专用性所致,投资所建的电厂只能用来发电,而无法做其他用途,且难通过转让资产的方式来收回投资。

(3) 发电投资具有先占性。所谓先占性,是指首先执行实物期权往往可以获得先发制人的效应,即取得了战略的主动权,又实现了实物期权的最大价值。例如,发电商对某个区域的初期投资可能相对较小,但这种先期的小规模投资却能为日后顺利通过审批进行扩建奠定良好的基础。这种先占性也是由于电力生产的规模经济效益所决定。

(4) 发电投资的未来回报是不确定的。在我国目前的市场环境下,国家经济政策的调整、银行利率的升降、技术和市场竞争等多方面的因素会对发电投资回报产生影响。同时由于电的不可存储性,负荷需求与电价的变动,增加了电源投资的不确定性。确定性主要产生于信息的不完全性,这是不可避免的,同时具有双面性,它们不仅与投资者可能的损失相关,同时还可能带来更广阔的赢利空间。投资的这种不确定性与实物期权有着密切的相关性。一般来讲,投资的不确定性越大,实物期权的价值就越大。

2 基于实物期权理论的发电投资决策模型

2.1 B-S 期权定价模型

针对定量分析期权价值的问题,美国经济学家 Black 和 Scholes 在 1973 年根据无套利原则,推导出“B-S 期权定价模型”:

假设, C 记为期权价值, S_t 为定价日标的股票价格, X 为买权合同的执行价格, r 是按连续复利计算的无风险利率, T 为到期日, t 为当前定价日, $T-t$ 是定价日距到期日的时间(时间单位为年), σ 是标的股票价格的波动率,则可得到 B-S 模型如下^[9,10]:

$$C = S_t N(d_1) - Xe^{-r(T-t)} N(d_2) \quad (1)$$

式中: $N(d_1)$ 和 $N(d_2)$ 分别为正态分布下变量值小于 d_1 和 d_2 的累计概率; t 为期权结束时间段内任意时刻; d_1 和 d_2 的取值为:

$$d_1 = \frac{\ln(S/X) + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right)(T_0 - t)}{\sigma\sqrt{(T_0 - t)}} \quad (2)$$

$$d_2 = \frac{\ln(S/X) + \left(r - \frac{\sigma^2}{2}\right)(T_0 - t)}{\sigma\sqrt{(T_0 - t)}} \quad (3)$$

其中:

$$k = 1/(1 + \gamma x); \quad \gamma = 0.33267$$

$$a_1 = 0.4361836; \quad a_2 = -0.1201676 \quad (4)$$

$$a_3 = 0.937298$$

$$N'(d) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{d^2}{2}} \quad (5)$$

$$N(d) = \begin{cases} 1 - N'(d)(a_1 k + a_2 k^2 + a_3 k^3); & x \geq 0 \\ 1 - N(-x); & x < 0 \end{cases} \quad (6)$$

2.2 实物期权的定价方法

通过 B-S 期权定价模型可知,有 5 个主要因素影响期权价值。要将 B-S 模型运用于电源建设投资决策分析中,首先应当找出与金融期权定价影响因素相对应的电源建设投资实物期权内容,并对其含义进行界定: C 为拟投资电源项目的实物期权价值; S 为当前已投入使用同类电源项目价值; X 为该项电源建设项目投资费用; T 为电源建设项目投资机会到期时间; r 为无风险利率; σ^2 为电源建设项目投资价值的不确定性。

从期权角度看,投资价值应当包括两部分:一部分是不考虑实物期权的存在而固有的内在价值,即 NPV; 另一部分是由期权特性产生的相应

的期权价值, 即 C 。因此具体项目的投资价值可以表示如下:

$$NPV_E = NPV + C \quad (7)$$

其中: NPV_E 为投资项目的真实价值, NPV 为投资项目的内在价值, C 为投资项目的实物期权价值。当 $NPV_E > 0$ 时该建设项目可接受, $NPV_E < 0$ 该项目不可接受。

显然, 传统的 NPV 法没有考虑投资项目的期权价值, 导致低估了项目的价值, 本来可行的项目可能变成不可行的。在传统的电力系统规划模式下 NPV 方法的局限性并不突出, 因为无论发电投资规划方案是否合理, 政府相关部门或监管机构会保证成本的回收和合理的利润。但是, 在市场环境下, 基于 NPV 法的决策方法不再适用。一方面, 由于发电机组的寿命期一般较长, 相应的贴现率会发生变化, 对发电机组的整个寿命期内采用单一贴现率评估其收益会有很大误差; 另一方面, 在发电投资过程中, 决策者可能根据当时市场条件和所获信息对投资方案进行调整, 所以在 NPV 方法中直接预测未来现金流来确定投资方案的方法行不通。若用 NPV

法进行发电投资决策, 就可能会导致相当大的投资风险。

基于 $B-S$ 的实物期权定价模型更适应于电源投资的设备专用性强, 使用寿命有限, 资本密集与技术密集等特点。实物期权法通过把电源投资的风险性和不确定性转化为更广阔的盈利空间, 彻底改变投资者对风险的态度, 不确定性越大, 使用期权的机会就越大, 期权的价值就越大。从投资方面讲, 不再是只计算项目的净现值, 而且还要计算隐含在项目中实物期权的价值。

3 算例

本文用一个算例具体从 Black-Scholes 定价模型的角度对发电商的投资决策进行了分析。

假设发电商 A 拟分两个阶段投资新建 3 台 60 万 kW 发电机组, 第一阶段新建一台机组, 估计投资约为 27.5 亿元, 第二阶段在 2 年后, 依据市场电源供需状况续建后两台机组。假设电站运行年限为 30 年, 表 1 给出了第一阶段投资的预测现金流量, 依据表 1 可以计算出第一阶段投资收益的现值:

表 1 第一阶段投资与收益

Tab.1 Investment and income in the first phase

时间	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11—30
投资	27.5 亿元										
收益						每年平均 3.5 亿元					每年平均 2.5 亿元

年均折现率为 10%

$$NPV = \sum_{t=0}^n (CI - CO)_t (1+i)^{-t} = -3.87 \text{ 亿元}$$

在第一阶段后, 发电商 A 就可以依据市场状况结合自身实际情况做出决策, 相当于拥有一个期权。如果市场状况有利于续建就可以决定执行这

个看涨期权, 追加投资续建 2 台机组; 否则可以暂停或者再等候一段时间。

假设发电商 A 决定执行这个看涨期权, 表 2 给出了第二阶段追加投资后发电商估计的现金流量。

表 2 第二阶段追加投资与收益

Tab.2 Investment and income in the second phase

时间	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11—30
投资			54.5 亿元								
收益						每年平均 6.8 亿元					每年平均 5.1 亿元

年均折现率为 10%

对于发电商 A 来讲第二阶段的投资具有灵活性, 因为它可以根据市场变化的实际情况决定是否追加投资, 这一隐含着灵活性的经营决策可以被看作是有价值的看涨期权, 不应当被忽略。应用以上的实物期权方法计算: 其中标的资产 (续建的 2 台机组) 价值的投资收益现值 S 为 44.8 亿元; 标的资产 (续建的 2 台机组) 的执行价格 X 为 54.5 亿元; 有效期为 2 年; 假设项目投资收益波动率 σ^2 为 40%; 无风险利率 $r = 6\%$ 。

将以上参数分别代入公式 (2)、(3)、(4)、

(5) 和 (6) 中, 求得: $d_1 = 0.3592$ 和 $d_2 = -0.5321$; $N(d_1) = 0.6403$ 和 $N(d_2) = 0.2546$ 。

将以上各值代入公式 (1) 可以求出该投资隐含期权的价值为 16.37 亿元。因此这个电源建设项目的价值为:

$$NPV_E = NPV_0 + C = 16.37 - 3.87 = 12.5 \text{ 亿元}$$

由于 $NPV_E > 0$, 故对该建设项目进行投资是可行的。

如果用传统的净现值法计算该投资项目, 首

先要得到预期的全部投资与收益(参见表3),求 所以对该项目的投资是不可行的。
得 $NPV = -5.5013$ 亿元, 由于净现值小于 0,

表3 预期全部投资与收益

Tab.3 The whole income

时间	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11—30
投资	27.5 亿元		54.5 亿元								
收益			每年平均 3.5 亿元			每年平均 10.3 亿元					每年平均 7.6 亿元

年均折现率为 10%

根据以上分析可知,对于该投资项目,利用两种不同的决策方法得出完全不同的结果。若按传统的 NPV 法来评估,因忽略了分阶段投资项目具有的期权价值,低估了项目的价值,发电商将失去这一有价值的投资机会。若用引入 B-S 期权定价模型改进了的 NPV 法来评估,该投资项目上马对企业来说是有利可图的。

综上所述,发电商的战略投资具有高风险、高收益、长期性、阶段性等特点,运用传统的 NPV 法来评估其价值存在较大的缺陷,它往往会低估投资项目的价值,使得本来可行的项目可能变成不可行的。将实物期权理论应用于发电商战略投资决策能克服传统决策方法的某些缺陷,它能使那些在传统决策方法下难以量化的战略因素在决策时得到恰当的评估,能够有效地提高决策的科学性和准确性。它不是对传统决策方法的简单否定,而是在保留传统方法合理内核的基础上,对不确定性因素及其相应环境变化做出积极响应的一种思维方式的概括和总结,它给出的适合期权价值的净现值判别标准与实际情形更为吻合。

4 结语

本文提出了将 Black-Scholes 期权定价模型运用到电源建设投资决策的构想,分析了与 B-S 期权定价模型相对应的电源建设投资的实物期权内容。运用算例对电源建设项目的等待投资决策进行了估价,结果表明基于 Black-Scholes 的实物期权定价模型避免了传统的电源投资决策方法依赖项目净现值的缺点,能够计及投资决策的灵活性,使投资决策更具合理性。

参考文献

- [1] 康重庆,白利超,夏清,等.电力市场中发电商的风险决策[J].中国电机工程学报,2004,24(8):1-6.
KANG Chong-qing,BAI Li-chao,XIA Qing, et al. Riskdecision-making of Generators in Electricity Market[J]. Proceedings of the CSEE, 2004, 24(8): 1-6.
- [2] Averc H, L L Johnson. Behavior of the Firm Under Regulatory Constraint[J]. American Economic Review,

1962, 52(4): 1053-1069.

- [3] 廖理,汪毅慧.实物期权理论与企业价值评估[J].数量经济技术经济研究,2001,6(3):98-101.
LIAO Li, WANG Yi-hui. Material Future Right Theory and the Evaluate of Enterprise Value[J]. Quantitative & Technica Economics, 2001, 6(3): 98-101.
- [4] 王勇,文福栓,钟志勇,等.基于实物期权理论的发电投资决策和容量充裕性评估[J].电力系统自动化,2005,29(19):1-9.
WANG Yong,WEN Fu-shuan,CHUNG C Y, et al Option Based Approach for Generation Investment Decision-making and Generation Capacity Adequacy Analysis[J]. Automation of Electric Power Systems, 2005, 29(19): 1-9.
- [5] Luehrman T A. Strategy As a Portfolio of Real Options[J]. Harvard Business Review,1998.
- [6] Ingersoll&S-Ross. Waiting to Invest: Investment and Uncertainty[J]. Journal of Business, 1992,65: 1-29.
- [7] Amram, Kulatilaka N, Henderson J. Taking and Option on CIO[J]. Enterprise Magazine,1999,15: 29-46.
- [8] 吴雪峰,张焰.电力市场下基于实物期权理论的电网投资经济评价[J].电网技术,2007,31(1):78-79.
WU Xue-feng, ZHANG Yan. Research on Economic Evaluation of Power Grid Investment Based on Real Option Theory in Electricity Market[J]. Power System Technology, 2007, 31(1): 78-79.
- [9] McDonald Robert, Siegel D. Investment and the Valuation of Firms When There is an Option to Shutdown [J]. International Economic Review,1985. (26): 331-349.
- [10] YEO K T,QIU F S. The Value of Management Flexibility. A Real Option Approach to Investment Evaluation[J]. International Journal of Project Management, 2003, 21(4): 243-250.

收稿日期:2008-03-22; 修回日期:2008-05-15

作者简介:

袁德(1958-),男,博士研究生,主要从事电力市场及电力营销等方面的研究;E-mail:hao278@163.com

李宜君(1984-),女,硕士研究生,主要从事电力市场及电力投资等方面的研究。